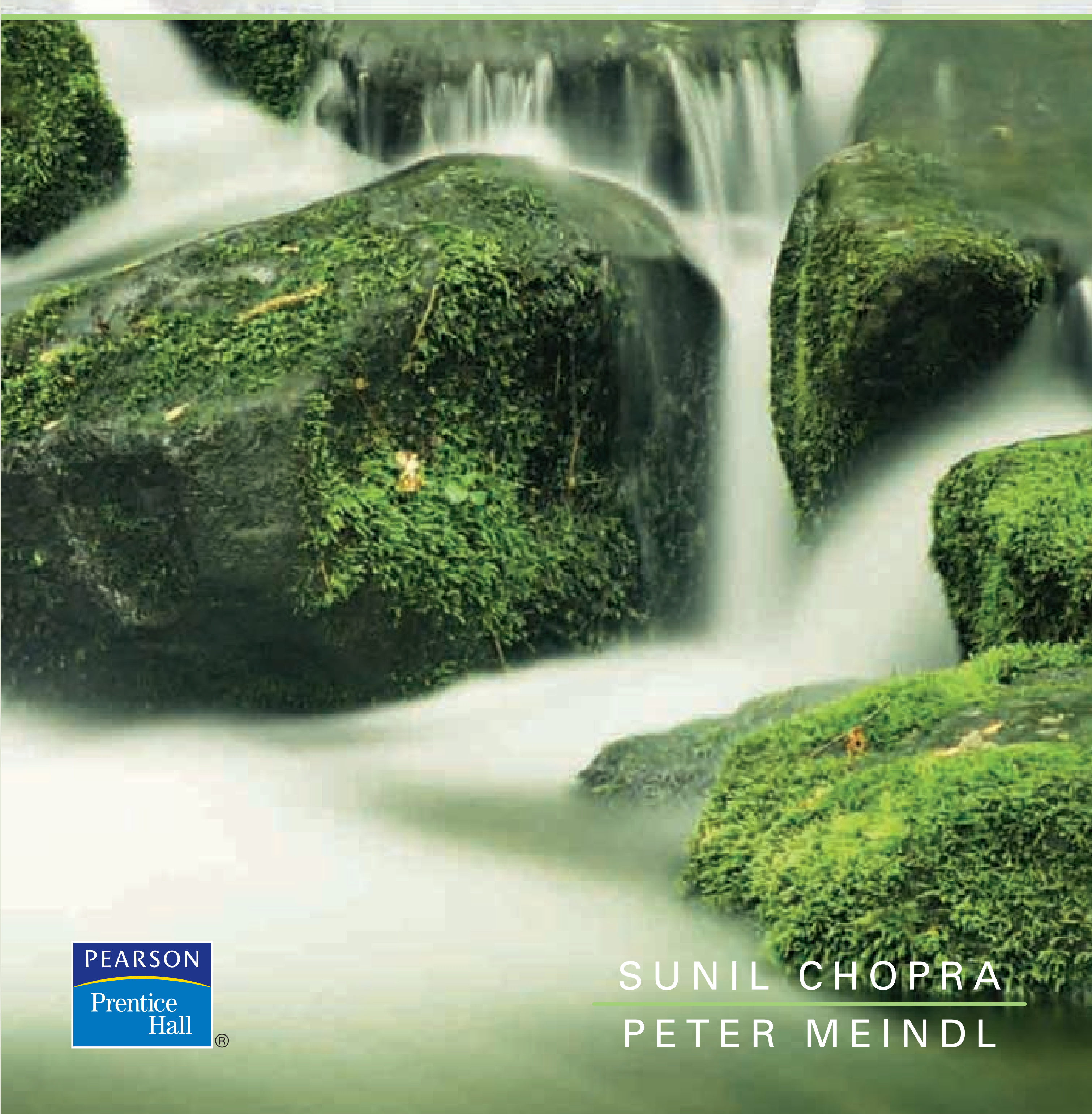
Administración de la cadena de suministro

Estrategia, Planeación y Operación

Tercera Edición



SUNIL CHOPRA
PETER MEINDL

TERCERA EDICIÓN

ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Estrategia, planeación y operación



Sunil Chopra

Escuela de Administración de Kellogg

Peter Meindl

Universidad de Stanford

TRADUCCIÓN

Alberto Santiago Fernández Molina **Pilar Carril Villarreal**

REVISIÓN TÉCNICA

Cristina Gigola Paglialunga
Profesora de Ingeniería Industrial y Operaciones
Instituto Tecnológico Autónomo de México

Margarita Hurtado Hernández
Escuela de Ingeniería
Universidad Panamericana

Eric Porras Musalem
División de Ingeniería
Instituto Tecnológico y de
Estudios Superiores de Monterrey,
Campus Santa Fe



México • Argentina • Brasil • Colombia • Costa Rica • Chile • Ecuador
España • Guatemala • Panamá • Perú • Puerto Rico • Uruguay • Venezuela

Datos de catalogación bibliográfica

CHOPRA, SUNIL y MEINDL, PETER

Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación.

Tercera edición

PEARSON EDUCACIÓN, México, 2008

ISBN: 978-970-26-1192-9

Formato: 20 × 25.5 cm Páginas: 552

ISBN 0-13-173042-8

Edición en español
Editor: Luis Miguel Cruz Castillo
e-mail: luis.cruz@pearsoned.com
Editor de desarrollo: Claudia Celia Martínez Amigón
Supervisor de producción: Gustavo Rivas Romero

Edición en inglés
AVP/Executive Editor: Mark Pfaltzgraff
Editorial Director: Jeff Shelstad
Senior Project Manager: Alana Bradley
Editorial Assistant: Barbara Witmer
Media Product Development Manager: Nancy Welcher
AVP/Executive Marketing Manager: Debbie Clare
Marketing Assistant: Joanna Sabella
Senior Managing Editor (Production): Cynthia Regan
Production Editor: Melissa Feimer
Permissions Supervisor: Charles Morris
Manufacturing Buyer: Michelle Klein
Manager, Print Production: Christy Mahon
Composition/Full-Service Project Management: Karen Ettinger, TechBooks, Inc.
Printer/Binder: Hamilton Printing Company Inc.
Typeface: 10/12 Times Ten Roman

TERCERA EDICIÓN, 2008

ISBN: 978-970-26-1192-9

PEARSON Educación ®

Impreso en México. *Printed in Mexico.*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 11 10 09 08

DEDICATORIA



Quiero agradecer a mis colegas de la Kellogg School of Management por todo lo que he aprendido de ellos acerca de logística y administración de cadenas de suministro. Estoy muy agradecido por el amor y el aliento que mis padres, Krishan y Pushpa, y mis hermanas, Sudha y Swati, siempre me han brindado en todo lo que he emprendido en mi vida. Agradezco a mis hijos, Ravi y Rajiv, la alegría que me han dado. Por último, nada de esto habría sido posible sin el constante amor, interés y apoyo de mi esposa, Maria Cristina.

Sunil Chopra

Quiero expresar mi agradecimiento a tres mentores, Sunil Chopra, Hau Lee y Gerry Lieberman, de quienes he aprendido tanto. También agradezco a mis padres y hermanas por su amor, y a mis hijos, Jamie y Eric, por hacerme sonreír y enseñarme el verdadero significado de la vida. Más importante aún es mi agradecimiento hacia mi esposa, Sarah, quien hace que la vida sea maravillosa y a quien amo con todo mi corazón.

Peter Meindl

SEMBLANZA DE LOS AUTORES



SUNIL CHOPRA



Sunil Chopra es Profesor Distinguido IBM de Administración de Operaciones y Sistemas de Información en la Kellogg School of Management. Es también codirector del programa de maestría en Administración y Manufactura, un programa doble de posgrado que ofrecen conjuntamente la Kellogg School of Management y la McCormick School of Engineering de Northwestern University. Tiene un doctorado en Investigación de Operaciones por la SUNY en Stony Brook. Antes de incorporarse al cuerpo docente de Kellogg, impartió clases en la New York University y pasó un año trabajando en IBM Research.

Los intereses de investigación y enseñanza del profesor Chopra se centran en la administración de logística y cadena de suministro, la administración de operaciones y el diseño de redes de telecomunicaciones. Se ha hecho acreedor a varios premios a la enseñanza en los programas de MBA y ejecutivos de Kellogg. Es autor de más de 35 artículos y dos libros.

Ha sido editor del departamento de *Management Science* y editor asociado de las publicaciones *Manufacturing & Service Operations Management*, *Operations Research*, y *Decision Sciences Journal*. Su investigación reciente se ha enfocado en el riesgo de la cadena de suministro para entender las causas de riesgo e idear estrategias de mitigación que lo amortigüen de manera eficaz y a bajo costo. También ha sido consultor de varias empresas en el área de administración de cadenas de suministro y operaciones.

PETER MEINDL



Peter Meindl es candidato al doctorado en Finanzas y Economía por el Departamento de Ciencias Administrativas e Ingeniería en la Stanford University. Su investigación se enfoca en la optimización de portafolios y en la cobertura cambiaria dinámica empleando programación estocástica, el criterio de actualización de plazos (o RHC por sus siglas en inglés, Receding Horizon Control) y simulación Monte Carlo. Anteriormente fue consultor de estrategia en el Boston Consulting Group y director de estrategia corporativa de la compañía de software i2 Technologies. Tiene una maestría en administración de empresas (MBA) por la Kellogg School de la Northwestern University y tres grados académicos por la Stanford University.

La primera edición de este libro ganó el prestigiado premio del Libro del Año en 2001 que otorga el Institute of Industrial Engineers.

CONTENIDO BREVE

CONTENIDO

PREFACIO



Este libro está dirigido a un público tanto académico como profesional. Por el lado académico, es apropiado para estudiantes de las maestrías en administración de empresas (MBA), maestrías en ingeniería y para los alumnos de los últimos cursos de licenciatura que estén interesados en la administración de la cadena de suministro y la logística. También sirve como referencia tanto de conceptos como de metodologías para los profesionales que trabajan en el área de consultoría y en la industria.

Este libro tomó forma a partir de un curso de administración de la cadena de suministro impartido a estudiantes de segundo año de la maestría en administración de empresas (MBA), en la Kellogg School of Management de la Northwestern University. La meta de esta materia era cubrir no sólo las estrategias y los conceptos de una cadena de suministro de alto nivel, sino también fomentar en los estudiantes un entendimiento sólido de las herramientas analíticas necesarias para resolver problemas de este tipo. Con la meta del curso en mente, nuestro objetivo fue crear un libro que desarrollara una comprensión de las siguientes áreas clave y sus interrelaciones:

- El papel estratégico de una cadena de suministro
- Las directrices estratégicas clave del desempeño de la cadena de suministro
- Las metodologías analíticas para el análisis de la cadena de suministro

Nuestro primer objetivo en el libro es que el lector aprenda la importancia estratégica de un buen diseño, planeación y operación de la cadena de suministro para toda organización. El lector entenderá por qué una buena administración puede otorgar una ventaja competitiva, mientras que las debilidades merman el desempeño de la empresa. Empleamos muchos ejemplos para ilustrar esta idea y desarrollar un marco para la estrategia de la cadena de suministro.

Dentro del marco estratégico, identificamos las instalaciones, el inventario, el transporte, la información, el aprovisionamiento y la fijación de precios (pricing) como directrices clave del desempeño de la cadena de suministro. Nuestra segunda meta es transmitir cómo estas directrices pueden emplearse en un nivel conceptual y práctico durante el diseño, planeación y operación de una cadena de suministro para mejorar su desempeño. Hemos incluido el caso de Seven-Eleven Japón para ilustrar cómo la compañía emplea varias directrices para mejorar el desempeño de la cadena de suministro. Por cada directriz, nuestra meta es proporcionar a los lectores algunas palancas administrativas prácticas y conceptos que se puedan utilizar para mejorar el desempeño de la cadena de suministro.

La utilización de estas palancas administrativas requiere el conocimiento de metodologías analíticas para el análisis de la cadena de suministro. Nuestra tercera meta es dar al lector un entendimiento de estas metodologías. Todas las discusiones metodológicas se ilustran con su aplicación en Excel. En esta exposición, también ponemos énfasis en el contexto administrativo dentro del cual se emplean y en las palancas administrativas para el mejoramiento que estas metodologías apoyan.

Los marcos estratégicos y conceptos que se discuten en el libro se interrelacionan a través de una variedad de ejemplos que muestran la necesidad de una combinación de conceptos para lograr incrementos significativos en el desempeño.

CAMBIOS EN LA TERCERA EDICIÓN

La tercera edición tiene varios cambios que creemos que mejoran significativamente el libro.

- Después de mucho pensar en cómo la administración de la cadena de suministro ha cambiado y se ha expandido en los últimos años, hemos incrementado el conjunto de directrices de la cadena de suministro de cuatro a seis, siendo las nuevas adiciones las directrices interfuncionales del aprovisionamiento y la fijación de precios (pricing). Ambas se cubrieron en ediciones anteriores, pero pensamos que el marco sería más completo si las cubríamos cada una por separado. Las directrices de la cadena de suministro son una estructura que aparece a lo largo del libro, por lo que creemos que este cambio, y por tanto la consiguiente modificación de gran parte de la estructura del libro, constituyen una mejora muy importante. La administración de la cadena de suministro tiene que ver cada vez más con relaciones entre las diferentes compañías que la conforman y por eso creemos que es natural incluir estas dos nuevas directrices que abarcan numerosos procesos de los socios de la cadena de suministro, tanto corriente arriba como corriente abajo.
- Junto con la ampliación de las directrices de la cadena de suministro viene todo un estudio detallado de las dos nuevas directrices: aprovisionamiento y fijación de precios (pricing). Los capítulos sobre estos temas ahora son más profundos; se pone énfasis particular en el mejoramiento y la expansión del capítulo sobre aprovisionamiento. En esta expansión se incluyen nuevas discusiones sobre temas importantes, por ejemplo, cómo determinar si se deben llevar a cabo las funciones internamente o subcontratarlas, como también una discusión sobre los servicios ofrecidos por varios tipos de proveedores de logística. Esto agrega una gran riqueza a la discusión de nuestras nuevas directrices, la cual creemos que es necesaria dada su importancia en la cadena de suministro.

Las métricas de la cadena de suministro son cruciales para monitorear y mejorar su desempeño.

- Con este fin, hemos agregado una sección importante en el capítulo 3 sobre métricas de la cadena de suministro. Sin éstas, es muy difícil implementar cambios de manera efectiva. Con este nuevo material, esperamos que los lectores lleguen a entender lo que debe medirse y la importancia de hacerlo. Estas métricas aparecen en los siguientes capítulos conforme analizamos cada directriz, de manera que el lector pueda entender la importancia de utilizar la métrica y como ésta puede mejorarse.

En las ediciones anteriores combinamos prácticamente todas nuestras discusiones sobre el uso de la tecnología de la información, TI, dentro de un capítulo con un enfoque específico.

- Todavía tenemos un capítulo sobre TI en esta edición; sin embargo, hicimos un cambio significativo al agregar secciones enfocadas en la TI dentro de los capítulos, que abordan temas específicos del campo en el que se centra ese capítulo en concreto. Creemos que esta visión más integrada de la TI muestra mejor la importancia de ésta y su predominio en todas las funciones de la cadena de suministro.
- De manera similar a las secciones sobre TI dentro de muchos de los capítulos, también hemos agregado secciones que se centran en el riesgo en la cadena de suministro. En el pasado, lo mencionamos en varias discusiones, pero creemos que es un tema muy importante que merece más atención de la que ha recibido. Cada sección está enfocada en los factores de riesgo del tema del que se trata el capítulo, lo que proporciona a los lectores una visión más integrada de todos los factores que afectan las decisiones dentro del área de estudio del capítulo.
- También pasamos el contenido del capítulo de comercio electrónico a otros, sobre todo al capítulo 4, que trata sobre redes de distribución. Como antes, creemos que esto presenta una visión más integrada de los aspectos de la cadena de suministro con los que hay que lidiar, por lo que es conveniente el cambio.

- Por último, hemos agregado dos casos de estudio para que se utilicen en la discusión del marco estratégico como también en el diseño de la red de la cadena de suministro.

PARA LOS PROFESORES

Para aquellos que adopten esta edición hemos preparado el siguiente material:

- Un manual de soluciones para el profesor, en formato de Word, con soluciones en hojas de cálculo de Excel. Cada uno de los problemas que aparecen al final de los capítulos ha sido cuidadosamente resuelto por Srinivas Talluri, de la Michigan State University. En los casos aplicables, se proporcionan las soluciones en Excel y Word. Estos archivos (en inglés) pueden descargarse de: www.pearsoneducacion.net/chopra.
- Un manual para el profesor, que contiene ejemplos de temarios y notas sobre el capítulo, está disponible en Word (en inglés) y puede bajarse de: www.pearsoneducacion.net/chopra.
- También están disponibles archivos de presentaciones en PowerPoint para cada capítulo del texto, y pueden obtenerse en: www.pearsoneducacion.net/chopra.

  Es indispensable registrarse antes de descargar los archivos.

AGRADECIMIENTOS

Hay muchas personas a las que quisiéramos agradecer por habernos ayudado a lo largo de este proceso. Agradecemos a los revisores cuyas sugerencias mejoraron sensiblemente el libro; entre ellos, Daniel Marrone, de la SUNY Farmingdale; Jatinder (Jeet) Gupta, de la University of Alabama, Huntsville; Srinagesh Gavirneni, de la Cornell University; Iqbal Ali, de la University of Massachusetts, Amherst; Ming Ling Chuang, de la Western Connecticut State University; Subroto Roy, de la University of New Haven; Mehdi Kaighobadi, de la Florida Atlantic University; Sime Curkovic, de la Western Michigan University; Alireza Lari, de la Fayetteville State University; Bryan Lee, de la Missouri Western State College; Richard Germain, de la University of Louisville; Frenck Waage, de la University of Massachusetts, Boston; James Noble, de la University of Missouri en Columbia; Effie Stavrulaki, de la Pennsylvania State University; y James K. Higginson, de la University of Waterloo (Ontario).

Manifestamos nuestro agradecimiento a los estudiantes de la Kellogg School of Management que sufrieron con los borradores plagados de errores de las primeras versiones de este libro. En especial, agradecemos a Christoph Roettelle y Vikas Vats por revisar de manera cuidadosa varios capítulos y resolver los problemas que aparecen al final de los capítulos en las ediciones anteriores. Agradecemos a Srinivas Talluri, de la Michigan State University, su enorme ayuda en la preparación del manual del profesor, el manual de soluciones para el profesor y los archivos de PowerPoint para la edición actual. También queremos agradecer a nuestros editores, Mark Pfaltzgraff y Alana Bradley, así como al personal de Prentice Hall, en especial a Melissa Feimer, editora de producción, Debbie Clare, gerente ejecutiva de marketing, y Barbara Witmer, asistente editorial, por todo su trabajo con el libro. Por último, queremos agradecer a ustedes, nuestros lectores, por leer y utilizar este libro. Esperamos que contribuya a todos sus esfuerzos por mejorar el desempeño de las compañías y las cadenas de suministro en todo el mundo.

Estaremos encantados de recibir sus comentarios y sugerencias para ediciones futuras de este texto.

Sunil Chopra
Kellogg School of Management
Northwestern University

Peter Meindl
Stanford University

PARTE I

CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO ESTRATÉGICO PARA ANALIZAR LA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 1
ENTENDER QUÉ ES LA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 2
DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO: LOGRAR EL AJUSTE Y EL ALCANCE ESTRATÉGICOS

CAPÍTULO 3
DIRECTRICES Y MÉTRICAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

La finalidad de los tres capítulos que conforman la parte I es proporcionar un marco estratégico para analizar las decisiones de diseño, planeación y operación dentro de la cadena de suministro. Dicho marco ayudará a clarificar los objetivos de la cadena de suministro y a identificar las acciones que mejoran su desempeño en términos de las metas deseadas.

El capítulo 1 define qué es una cadena de suministro y establece el impacto que tienen las decisiones relacionadas con ésta en el desempeño de la compañía. Se presenta una gran variedad de ejemplos para ilustrar tales decisiones, su influencia en el desempeño y su papel en la estrategia competitiva de la empresa. El capítulo 2 describe la relación entre la estrategia de la cadena de suministro y la estrategia competitiva de la compañía y enfatiza la importancia de asegurar que exista un ajuste estratégico entre ambas. También se analiza de qué manera la expansión del ajuste estratégico mejora el desempeño a lo largo de todas las funciones y etapas dentro de la cadena de suministro. El capítulo 3 describe las principales directrices del desempeño de la cadena de suministro: instalaciones, inventario, transporte, información, aprovisionamiento y fijación de precios. Las decisiones clave y las métricas relacionadas con cada directriz están identificadas y vinculadas con la habilidad de la compañía para apoyar su estrategia competitiva.

CAPÍTULO 1

ENTENDER QUÉ ES LA CADENA DE SUMINISTRO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Discutir la meta de una cadena de suministro y explicar el impacto de las decisiones acerca de ésta en el éxito de la compañía.
2. Identificar las tres fases clave de decisión en la cadena de suministro y explicar el significado de cada una.
3. Describir el enfoque de ciclo y el enfoque de "empuje/tirón" (push-pull) de una cadena de suministro.
4. Clasificar los procesos macro de la cadena de suministro en una compañía.

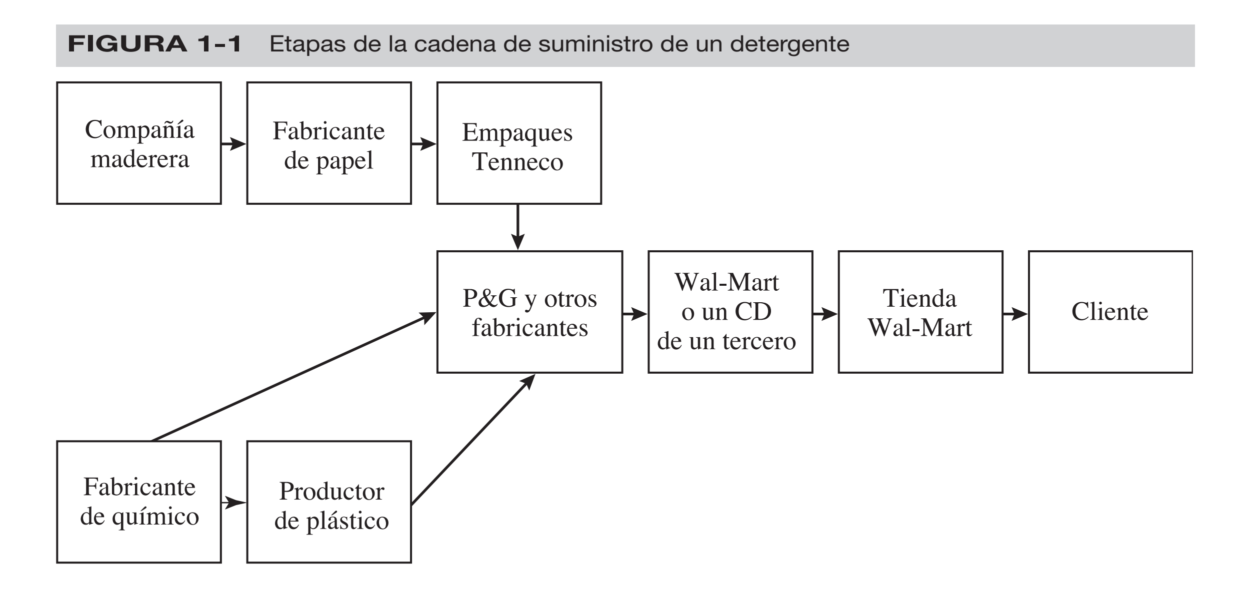
En este capítulo presentamos una exposición conceptual de lo que es una cadena de suministro y de los diversos aspectos que necesitan tomarse en consideración al diseñarla, planearla u operarla. Hablamos de la importancia de las decisiones y del desempeño de una cadena de suministro en el éxito de una firma. También damos diversos ejemplos de diferentes industrias para enfatizar la variedad de temas relacionados con una cadena de suministro que las compañías necesitan considerar en los niveles estratégicos, de planeación y de operación.

1.1 ¿QUÉ ES UNA CADENA DE SUMINISTRO?

Una *cadena de suministro* está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente.

Considere al cliente que entra a una tienda Wal-Mart para comprar un detergente. La cadena de suministro empieza con el cliente y su necesidad por el detergente. La siguiente etapa es la tienda Wal-Mart que él visita. Wal-Mart llena sus estantes con inventarios que pudieron haber sido suministrados desde un almacén de productos terminados o por un distribuidor que emplea vehículos proporcionados por terceros. El distribuidor a su vez es abastecido por el fabricante (digamos, Procter & Gamble [P&G] en este caso). La planta de P&G recibe la materia prima de varios proveedores, quienes a su vez pudieron ser abastecidos por proveedores de niveles más bajos. Por ejemplo, el material de empaque pudiera provenir de Empaques Tenneco, mientras que éste recibe de otros proveedores la materia prima para fabricar el empaque. Esta cadena de suministro se ilustra en la figura 1-1, donde las flechas indican la dirección del flujo del producto físico.

FIGURA 1-1 Etapas de la cadena de suministro de un detergente



Una cadena de suministro es dinámica e implica un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas. En nuestro ejemplo, Wal-Mart proporciona al cliente el producto, como también el precio y la información de disponibilidad del producto. El cliente transfiere los fondos a Wal-Mart, que después transmite la información del punto de venta como también las órdenes de reabastecimiento al almacén o al distribuidor, quien a su vez transfiere el pedido de reabastecimiento de regreso a la tienda vía camiones. Wal-Mart transfiere los fondos al distribuidor después de que se ha llevado a cabo el reabastecimiento. El distribuidor proporciona información sobre los precios y envía programas de entrega a Wal-Mart. La tienda podría enviar de regreso el material de empaque para que sea reciclado. Flujos similares de información, material y fondos toman lugar a lo largo de toda la cadena de suministro.

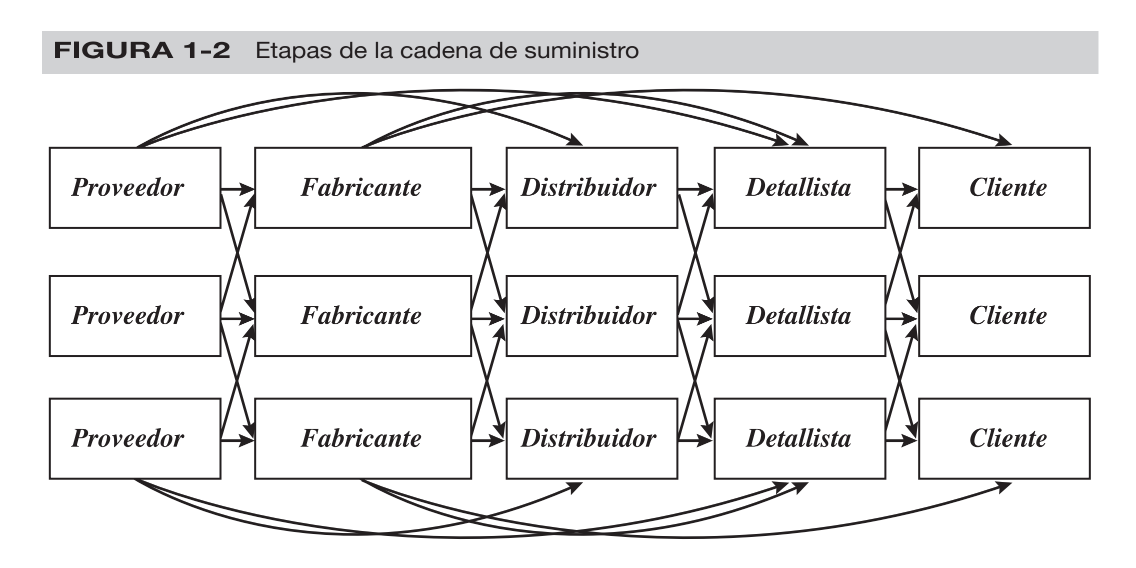
En otro ejemplo, cuando un cliente realiza una compra en línea en Dell Computer, la cadena de suministro incluye, entre otros, al cliente, el sitio Web, la planta de ensamble y todos los proveedores de Dell y los proveedores de estos últimos. El sitio Web proporciona al cliente la información relativa al precio, la variedad de productos y la disponibilidad de los mismos. Una vez que hace su elección, el cliente introduce la información del pedido y paga el producto. Más tarde puede regresar al sitio Web para verificar el estado del pedido. Las etapas posteriores de la cadena de suministro emplean la información del pedido del cliente para surtirlo. Este proceso involucra un flujo adicional de información, producto y fondos entre varias etapas de la misma cadena.

Estos ejemplos ilustran que el cliente es parte integral de las cadenas de suministro. De hecho, el propósito principal de éstas es satisfacer las necesidades del cliente y, en el proceso, generar una ganancia. El término *cadena de suministro* evoca la imagen de un producto o suministro que se mueve a lo largo de la misma, de proveedores a fabricantes a distribuidores a detallistas. En efecto, esto es parte de la cadena de suministro, pero también es importante visualizar los flujos de información, fondos y productos en ambas direcciones de ella. El término *cadena de suministro* también puede implicar que sólo un participante interviene en cada etapa. En realidad, el fabricante puede recibir material de varios proveedores y luego abastecer a varios distribuidores. Por lo tanto, la mayoría de las cadenas de suministro son, en realidad, redes. Podría ser más preciso usar el término *red de suministro* para describir la estructura de la mayoría de las cadenas de suministro, como se observa en la figura 1-2.

Una cadena de suministro típica puede abarcar varias etapas que incluyen:

- Clientes
- Detallistas

FIGURA 1-2 Etapas de la cadena de suministro



- Mayoristas/distribuidores
- Fabricantes
- Proveedores de componentes y materias primas

Cada etapa en la cadena de suministro se conecta a través del flujo de productos, información y fondos. Estos flujos ocurren con frecuencia en ambas direcciones y pueden ser administrados por una de las etapas o un intermediario. No es necesario que cada etapa en la figura 1-2 esté presente en la cadena de suministro. El diseño apropiado de ésta depende tanto de las necesidades del cliente como de las funciones que desempeñan las etapas que abarca. En algunos casos, como en Dell, el fabricante puede surtir directamente los pedidos de los clientes. Dell fabrica por orden, es decir, sobre pedido; esto es, la solicitud de un cliente inicia la fabricación. Dell no tiene tiendas al detalle ni mayoristas ni un distribuidor en su cadena de suministro. En algunos casos, como en la compañía de ventas por catálogo L.L. Bean, los fabricantes no responden a los pedidos del cliente de manera directa. L.L. Bean, por ejemplo, mantiene un inventario del producto para surtirlos. En comparación con la cadena de suministro de Dell, la de L.L. Bean incluye una etapa extra (el detallista, el mismo L.L. Bean) entre el cliente y el fabricante. En el caso de otras tiendas al detalle, la cadena de suministro puede también incluir un mayorista o un distribuidor entre la tienda y el fabricante.

1.2 EL OBJETIVO DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

El objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. El *valor* que una cadena de suministro genera es la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de éste. Para la mayoría de las cadenas de suministro, el valor estará estrechamente correlacionado con la *rentabilidad de la cadena de suministro* (también conocida como *superávit de la cadena de suministro*), que es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente y el costo total de la cadena de suministro. Por ejemplo, el cliente que compra un router inalámbrico en Best Buy paga 60 dólares, lo cual representa el ingreso que la cadena de suministro recibe. Best Buy y otras etapas de la cadena de suministro incurren en costos para transmitir la información, producir componentes, almacenarlos, transportarlos, transferir fondos y así sucesivamente. La diferencia entre los 60 dólares que pagó el cliente y la suma de todos los costos incurridos por la cadena para producir y distribuir el router representa la rentabilidad o el superávit de la cadena de suministro, esto es, la utilidad total que se repartirá entre todas las etapas e intermediarios de la cadena.

Mientras más alta sea la rentabilidad de la cadena de suministro, más exitosa será ésta. Dicho éxito debe medirse en términos de la rentabilidad y no en función de la ganancia de cada etapa. (En los capítulos subsiguientes veremos que un enfoque en la rentabilidad en etapas individuales puede llevar a una reducción en las ganancias de toda la cadena de suministro).

Habiendo definido el éxito de una cadena de suministro en términos de su rentabilidad, el siguiente paso lógico es buscar las fuentes de ingresos y costos. Para cualquier cadena de suministro, existe una sola fuente de ingresos: el cliente. En Wal-Mart, el cliente que compra el detergente es el único que proporciona un flujo de caja positivo a la cadena de suministro. Todos los demás flujos de efectivo son simplemente intercambios de fondos que ocurren dentro de la cadena, dado que las diferentes etapas tienen diferentes dueños. Cuando Wal-Mart paga a su proveedor, toma una porción de los fondos que el cliente proporciona y ese dinero pasa al proveedor. Todos los flujos de información, productos o fondos generan costos dentro de la misma cadena. Por lo tanto, la administración adecuada de estos flujos es una de las claves del éxito de la cadena de suministro. Una eficaz *administración de la cadena de suministro* comprende la administración de los activos y de los flujos de productos, información y fondos de la cadena para maximizar la rentabilidad total de la misma.

En este libro tendremos un fuerte enfoque en el análisis de todas las decisiones acerca de la cadena en términos del impacto que producen en su superávit. Dichas decisiones y su impacto pueden variar debido a una amplia variedad de razones. Por ejemplo, considere la diferencia en la estructura de la cadena de suministro para bienes de consumo de movimiento rápido observada en Estados Unidos e India. Los distribuidores estadounidenses juegan un papel menor en su cadena de suministro en comparación con sus homólogos de la India. Nuestro argumento es que la diferencia en la estructura de la cadena de suministro se explica por el impacto que un distribuidor tiene en el superávit de la cadena de suministro en los dos países.

La venta al detalle en Estados Unidos está muy consolidada, con grandes cadenas que compran bienes de consumo de la mayoría de los fabricantes. Esta consolidación da a los detallistas la suficiente escala para que la introducción de un intermediario, como un distribuidor, no contribuya a reducir los costos y, de hecho, los incremente debido a la transacción adicional. En contraste, en India hay millones de pequeñas tiendas minoristas. Esto limita la cantidad de inventario que pueden mantener; por lo tanto, requieren de un reabastecimiento constante: un pedido puede compararse con la compra semanal del supermercado de una familia en Estados Unidos. La única manera de que un fabricante mantenga bajos los costos de transporte es traer los camiones llenos de producto al mercado y luego distribuir de manera local en "recorridos rutinarios" con vehículos más pequeños. La presencia de un intermediario que pueda recibir un embarque completo, dividir el volumen y luego hacer pequeñas entregas a los minoristas es crucial cuando los costos de transportación deben mantenerse bajos. La mayoría de los distribuidores de India son tiendas del tipo todo bajo el mismo techo, que almacenan desde aceite para cocinar hasta sopas y detergentes fabricados por una variedad de fabricantes. Además de la comodidad que proporciona este tipo de tiendas, los distribuidores en India son capaces de reducir los costos de transportación en la entrega al detallista al agregar productos de múltiples fabricantes durante las entregas. Los distribuidores de India también manejan la cobranza, ya que su costo es significativamente más bajo que si el fabricante cobrara por cuenta propia a sus minoristas. Por lo tanto, la importante función que desempeñan los distribuidores en India se explica por el crecimiento del superávit de la cadena de suministro que produce su presencia. Este argumento implica que conforme la venta al detalle se consolide en India, el papel de los distribuidores empezará a disminuir.

1.3 LA IMPORTANCIA DE LAS DECISIONES EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Existe una estrecha conexión entre el diseño y la administración de los flujos de una cadena de suministro (productos, información y fondos) y el éxito de ésta. Wal-Mart, Dell Computer y

Seven-Eleven Japón son ejemplos de compañías que han construido su éxito sobre un diseño, planeación y operación superiores de su cadena de suministro. En contraste, el fracaso de muchas empresas electrónicas (e-business), como Webvan, puede atribuirse a la debilidad del diseño y la planeación de su cadena. De igual modo, la adquisición de Snapple que realizó Quaker Oats en 1994 es un ejemplo de cómo la poca habilidad para diseñar o administrar los flujos de la cadena de suministro con eficacia lleva al fracaso. Analizaremos estos ejemplos más adelante, en esta misma sección.

Wal-Mart ha sido el líder en el diseño, la planeación y la operación de una cadena de suministro dirigida al éxito. Desde sus inicios, la compañía ha invertido fuertemente en infraestructura de transporte e información para facilitar el flujo eficaz de bienes e información. Wal-Mart diseñó su cadena de suministro con grupos de tiendas alrededor de centros de distribución, con el objeto de facilitar el reabastecimiento frecuente de sus tiendas de manera rentable. Esto permite a las tiendas igualar la oferta y la demanda con mayor eficacia que la competencia. Wal-Mart ha sido el líder en compartir la información con los proveedores y en colaborar con ellos para disminuir los costos y mejorar la disponibilidad de los productos. Los resultados son impresionantes. En su informe anual de 2004, la compañía declaró un ingreso neto de más de 9 mil millones de dólares por ventas de cerca de 250 mil millones de dólares. Estos resultados son espectaculares para una compañía que en 1980 alcanzaba ventas anuales de sólo un mil millones de dólares. El incremento en ventas representa una tasa de crecimiento anual de 26%.

Dell se ha convertido, en un periodo relativamente breve, en el fabricante más grande de computadoras personales. En 2004 tuvo un ingreso neto de más de 2.6 mil millones de dólares sobre ventas de un poco más de 41 mil millones de dólares. La compañía ha atribuido una parte significativa de su éxito a la manera en que maneja los flujos (productos, información y fondos), dentro de su cadena de suministro.

Dell elimina a los distribuidores y minoristas y vende directamente a sus clientes. Un estrecho contacto con sus clientes y un entendimiento de las necesidades de éstos le permiten formular mejores pronósticos. Para mejorar aún más la correspondencia entre la oferta y la demanda, Dell hace un esfuerzo activo para guiar a sus clientes en tiempo real, por teléfono o vía Internet, en la configuración de la PC que puede construirse con los componentes disponibles.

Por el lado de las operaciones, Dell centraliza la fabricación y los inventarios en unas pocas localidades y pospone el ensamblaje final hasta que llega el pedido. Como resultado, es capaz de ofrecer una gran variedad de configuraciones de PC y, al mismo tiempo, mantiene niveles muy bajos de inventario. En 2004, Dell tenía inventarios suficientes para cinco días; en contraste, la competencia, que vende a través de minoristas, mantenía inventarios para varias semanas. Si Intel lanza un nuevo chip, el bajo nivel de inventario le permite a Dell entrar al mercado con una PC que contenga ese chip más rápido que la competencia. Si los precios caen de manera imprevista, como por lo general sucede, Dell tiene menos inventario que pierde valor que sus competidores. Para algunos productos, como los monitores fabricados por Sony, Dell no tiene inventario. La compañía de transporte simplemente recoge el número apropiado de computadoras de la planta de Dell en Austin, Texas, y monitores de la fábrica de Sony en México, empaca los equipos de conformidad con el pedido del cliente y los entrega directamente a los consumidores finales. Este procedimiento le permite ahorrar el tiempo y el dinero asociados con el manejo extra de los monitores.

El éxito de la cadena de suministro de Dell se facilita por un sistema altamente desarrollado de intercambio de información. Dell proporciona datos en tiempo real a sus proveedores acerca del estado que guarda actualmente la demanda. Los proveedores pueden tener acceso a los niveles de inventario de sus componentes que hay en las fábricas, así como a las necesidades de producción diarias. Dell ha creado páginas Web personalizadas para sus principales proveedores en las que éstos pueden consultar los pronósticos de la demanda y otra información relacionada con los clientes. De este modo, los proveedores pueden darse una mejor idea de la demanda de los clientes y ajustar sus programas de producción para que coincidan con el de Dell.

Los bajos niveles de inventario de Dell también ayudan a asegurar que no se introduzcan defectos en una gran cantidad de productos. Cuando se lanza un producto nuevo, los ingenieros

del proveedor se instalan en la planta misma. Si un cliente llama con un problema, la producción se detiene y la falla se arregla en tiempo real. Como no hay producto terminado en inventario, la cantidad de mercancía defectuosa producida se minimiza.

Dell también administra sus flujos de efectivo en forma muy eficaz. Gracias a que administra los inventarios, las cuentas por cobrar y las cuentas por pagar de manera rigurosa, en 2004 manejó un ciclo negativo de conversión de efectivo de 36 días. En otras palabras, ¡Dell manejó su negocio con el dinero de otras personas!

Como es evidente, el diseño de la cadena de suministro de Dell y su administración de los flujos de productos, información y efectivo desempeñan una función esencial en el éxito de la compañía. Sin embargo, en el mercado cambiante, el diseño de la cadena de suministro de la compañía le presenta nuevos retos. Si bien tiene una cadena que resulta muy apropiada para proporcionar un alto grado de personalización a bajo costo, no está claro si la personalización del hardware seguirá siendo un factor importante en el mercado de las PC y otros productos que vende Dell. En el futuro, probablemente tendrá que repensar el diseño de su cadena de suministro para mantener el éxito.

El fracaso de muchas compañías de comercio electrónico como Webvan y Kozmo se atribuye a su falta de habilidad para diseñar una cadena de suministro adecuada o para manejar de manera eficaz los flujos de ésta. Webvan diseñó una cadena de suministro con grandes almacenes en varias ciudades grandes en Estados Unidos, desde los cuales se enviaban los comestibles a las casas de los clientes. Este tipo de cadena de suministro no pudo competir con las tradicionales de los supermercados en términos de costo, las cuales llevan el producto a un supermercado cercano al consumidor empleando camiones llenos, lo que implica costos de transporte muy bajos. Mueven su inventario con relativa rapidez y dejan que el cliente lleve a cabo la mayor parte de la actividad de surtido en la tienda. En contraste, Webvan movía marginalmente más rápido su inventario que los supermercados, pero incurría en costos de transportación más altos por entrega a domicilio y en costos de mano de obra para surtir las órdenes del cliente. El resultado fue una compañía que quebró en 2001 a menos de dos años de una oferta pública inicial muy exitosa.

Quaker Oats, con su adquisición de Snapple, constituye otro ejemplo de cómo las fallas en el diseño y la administración de los flujos de la cadena de suministro llevaron al fracaso financiero. En diciembre de 1994, Quaker Oats compró a Snapple, un productor de bebidas naturales embotelladas, como té, a un costo de 1,700 millones de dólares. Gatorade, la marca de mayor venta en el segmento de bebidas deportivas, fue la bebida más exitosa de Quaker Oats. Era muy fuerte en el sur y en el suroeste de Estados Unidos, mientras que Snapple lo era en el norte y en la costa oeste.

Quaker Oats anunció que la mayor motivación de la fusión fue la posible sinergia entre los dos sistemas de distribución de Snapple y Gatorade; sin embargo, no fue capaz de aprovecharla. Los problemas provinieron de causas como instalaciones de fabricación distintas y diferentes tipos de clientes. Gatorade era fabricado en plantas propiedad de Quaker Oats, mientras que Snapple era producido bajo contrato en plantas externas. Gatorade se vendía en cantidades significativas a través de supermercados y tiendas de comestibles, mientras que Snapple se vendía principalmente en restaurantes y tiendas minoristas independientes. En los dos años posteriores a la adquisición de Snapple, Quaker Oats fue incapaz de generar mucha sinergia entre los dos sistemas de distribución en sus intentos para fusionarlos. Después de 28 meses, Quaker Oats vendió Snapple a Triarc Companies en cerca de 300 millones de dólares, alrededor de 20% del precio de compra. La falta de habilidad para lograr sinergia entre las dos cadenas de suministro fue una razón importante del fracaso de Snapple en Quaker Oats.

PUNTO CLAVE Las decisiones sobre el diseño, planeación y operación de la cadena de suministro desempeñan un papel importante en el éxito o el fracaso de una compañía.

En la siguiente sección, clasificaremos las fases de decisión de una cadena de suministro con base en la frecuencia con la que se toman y el periodo que comprenden.

1.4 FASES DE DECISIÓN EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

La administración exitosa de la cadena de suministro requiere tomar muchas decisiones relacionadas con el flujo de información, productos y fondos. Cada una de ellas debe tomarse para incrementar el superávit de la cadena de suministro. Estas decisiones se clasifican en tres categorías o fases, dependiendo de la frecuencia de cada decisión y el periodo durante el cual tiene impacto una fase de decisión. Como resultado, cada categoría de decisiones debe considerar la incertidumbre en el horizonte de decisión.

1. ***Estrategia o diseño de la cadena de suministro:*** Durante esta fase, dados los planes de fijación de precios y de marketing para un producto, la compañía decide cómo estructurar la cadena de suministro durante los siguientes años. Decide cómo será la configuración de la cadena, cómo serán distribuidos los recursos y qué procesos se llevarán a cabo en cada etapa. Las decisiones estratégicas tomadas por las compañías incluyen ya sea subcontratar o realizar las funciones de la cadena de suministro internamente, la ubicación y las capacidades de producción e instalaciones de almacenaje, los productos que se fabricarán o almacenarán en varias ubicaciones, los medios de transporte disponibles a lo largo de las diferentes rutas de envío y el tipo de sistema de información que se utilizará. Una compañía debe asegurarse de que la configuración de la cadena de suministro apoye sus objetivos estratégicos e incremente el superávit de la misma durante esta fase. Las decisiones de Cisco respecto a su elección de fuentes de suministro para componentes, los fabricantes por contrato para la producción, así como la ubicación y la capacidad de sus almacenes son decisiones estratégicas o de diseño de la cadena de suministro. Por lo general, éstas se toman a largo plazo (años) y resulta muy caro modificarlas a corto plazo. En consecuencia, cuando las compañías toman estas decisiones, deben tener en consideración la incertidumbre en las condiciones previstas de mercado durante los siguientes años.

2. ***Planeación de la cadena de suministro:*** Para las decisiones que se toman en esta fase, el periodo que se considera es de un trimestre a un año. Por lo tanto, la configuración determinada para la cadena de suministro en esta fase estratégica es fija. Esta configuración establece las restricciones dentro de las cuales debe hacerse la planeación. La meta es maximizar el superávit de la cadena de suministro que se puede generar durante el horizonte de planeación, dadas las restricciones que se establecieron durante la fase estratégica o de diseño. Las compañías comienzan la fase de planeación con un pronóstico para el siguiente año (o un periodo comparable) de la demanda en diferentes mercados. La planeación incluye tomar decisiones respecto a cuáles mercados serán abastecidos y desde qué ubicaciones, la subcontratación de fabricación, las políticas de inventario que se seguirán y la oportunidad y magnitud de las promociones de marketing y precio. Las decisiones de Dell con respecto a los mercados abastecidos por una instalación de producción y las cantidades de producción meta están clasificadas como decisiones de planeación. Esta última establece los parámetros dentro de los cuales la cadena de suministro deberá funcionar por un periodo específico. En la fase de planeación, las compañías deben incluir en sus decisiones la incertidumbre en la demanda, las tasas de cambio de divisas y la competencia durante este horizonte de tiempo. Dados un periodo más corto y mejores pronósticos que en la fase de diseño, las compañías en la fase de planeación tratan de incorporar la flexibilidad integrada a la cadena de suministro en la fase de diseño y explotarla para optimizar el desempeño. Como resultado de la fase de planeación, las compañías definen un grupo de políticas de operación que gobiernan las operaciones a corto plazo.

3. ***Operación de la cadena de suministro:*** Aquí, el horizonte de tiempo es semanal o diario, y durante esta fase las compañías toman decisiones respecto a los pedidos de cada cliente. Al nivel de la operación, la configuración de la cadena de suministro se considera fija y las políticas de planeación ya se han definido. La meta de las operaciones de la cadena de suministro es manejar los pedidos entrantes de los clientes de la mejor manera posible. Durante esta fase, las compañías distribuyen el inventario o la producción entre cada uno de los pedidos, establecen una fecha en que debe completarse el pedido, generan listas de surtido en el almacén, asignan un pedido a un modo particular de transporte y envío, establecen los itinerarios de entrega de los

camiones y colocan órdenes de reabastecimiento. Debido a que las decisiones de operación se toman a corto plazo (minutos, horas, días) hay menos incertidumbre acerca de la información de la demanda. Dadas las restricciones establecidas por la configuración y las políticas de planeación, la meta durante esta fase es explotar la reducción de la incertidumbre y optimizar el desempeño.

El diseño, la planeación y la operación de una cadena de suministro tienen un fuerte impacto en la rentabilidad y en el éxito. Es justo decir que gran parte del éxito de las compañías como Wal-Mart y Dell es atribuible al diseño, planeación y operación eficaces de sus cadenas de suministro.

En capítulos posteriores desarrollaremos los conceptos y presentaremos las metodologías que pueden utilizarse en cada una de las fases descritas con anterioridad. La mayor parte de nuestra discusión se enfoca en las fases de planeación y diseño de la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE Las fases de decisión de una cadena de suministro pueden clasificarse como diseño, planeación y operación, dependiendo del periodo en el cual apliquen las decisiones que se tomen.

1.5 ENFOQUE DE LOS PROCESOS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

Una cadena de suministro es una secuencia de procesos y flujos que tienen lugar dentro y entre diferentes etapas y se combinan para satisfacer la necesidad que tiene el cliente de un producto. Existen dos diferentes formas de ver los procesos realizados en una cadena de suministro.

1. ***Enfoque de ciclo:*** Los procesos se dividen en series de ciclos, cada uno realizado en la interfase entre dos etapas sucesivas de una cadena de suministro.
2. ***Enfoque de empuje/tirón:*** Los procesos se dividen en dos categorías dependiendo de si son ejecutados en respuesta a un pedido del cliente o en anticipación a éste. Los procesos de *tirón* se inician con el pedido del cliente, mientras que los de *empuje* comienzan y se realizan en anticipación a los pedidos del cliente.

ENFOQUE DE CICLO DE LOS PROCESOS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

Con base en las cinco etapas de una cadena de suministro que se muestran en la figura 1-2, todos los procesos de ésta se pueden dividir en los cuatro ciclos de proceso siguientes, como se aprecia en la figura 1-3:

- Ciclo del pedido del cliente
- Ciclo de reabastecimiento
- Ciclo de fabricación
- Ciclo de abasto

Cada ciclo ocurre en la interfase entre dos etapas sucesivas de la cadena de suministro. Las cinco etapas dan por resultado cuatro ciclos de proceso en la cadena de suministro. No todas las cadenas de suministro tendrán claramente separados los cuatro ciclos. Por ejemplo, la de un supermercado en la cual el detallista almacena inventarios de producto terminado y coloca órdenes de reabastecimiento con un distribuidor es probable que tenga separados los cuatro ciclos. Dell, por el contrario, vende directamente a los clientes, por ende se salta al minorista y al distribuidor.

Cada ciclo consta de seis subprocesos como se muestra en la figura 1-4. Inicia con la comercialización del producto entre los consumidores. Entonces un comprador coloca un pedido que recibe el proveedor. Éste surte el pedido, el cual recibe el comprador. Quizá el comprador regrese algo del producto u otro material de reciclado al proveedor o a una tercera persona. El ciclo de actividades empieza de nuevo.

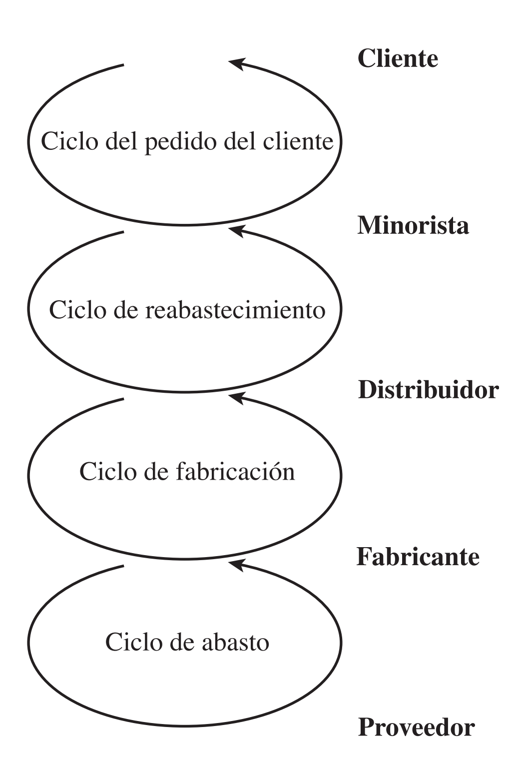


FIGURA 1-3 Ciclos de los procesos de una cadena de suministro

Dependiendo de la transacción en cuestión, los subprocesos de la figura 1-4 pueden aplicarse al ciclo apropiado. Cuando los clientes compran en línea en Amazon, son parte del ciclo del pedido del cliente, con el cliente como comprador y Amazon como proveedor. En contraste, cuando Amazon pide libros a sus distribuidores para reabastecer su inventario, es parte del ciclo de reabastecimiento, con Amazon como el comprador y el distribuidor como el proveedor.

Dentro de cada ciclo, la meta del comprador es asegurar la disponibilidad del producto y lograr economías de escala con el pedido. El proveedor trata de pronosticar los pedidos del cliente y reducir el costo de recibirlos. Luego el proveedor trabaja para surtir el pedido a tiempo y mejorar la eficiencia y la precisión del proceso de surtido de pedidos. El comprador trabaja entonces para reducir el costo del proceso de recepción. Los flujos inversos se manejan para reducir el costo y cumplir con los objetivos ambientales.

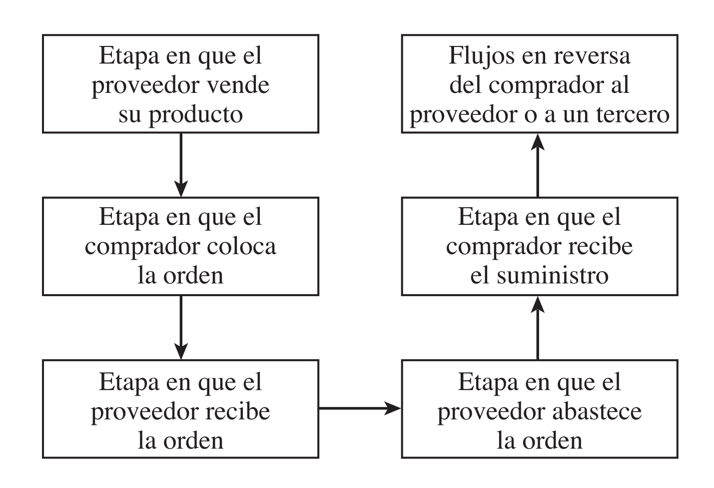


FIGURA 1-4 Subprocesos en cada uno de los ciclos de los procesos de una cadena de suministro

Aun cuando cada uno de los ciclos tiene los mismos subprocesos básicos, existen algunas diferencias importantes ente ellos. En el ciclo del pedido del cliente, la demanda es externa a la cadena de suministro y, por lo tanto, incierta. En todos los otros ciclos, la colocación del pedido es incierta pero puede proyectarse con base en las políticas que se siguen en una etapa particular de la cadena de suministro. Por ejemplo, en el ciclo de abasto, un proveedor de llantas de un fabricante automotriz puede predecir la demanda con precisión una vez que se conoce el programa de producción del fabricante. La segunda diferencia entre los ciclos se relaciona con la escala de un pedido. Mientras que un cliente compra sólo un auto, el concesionario pide al fabricante muchos autos a la vez, y éste, a su vez, pide una cantidad aún mayor de llantas al proveedor. Conforme nos movemos del cliente al proveedor, el número de pedidos individuales desciende y el tamaño de cada pedido se incrementa. Por tanto, el compartir la información y las políticas de operación a lo largo de las etapas de la cadena de suministro se vuelve más importante conforme nos alejamos del cliente final.

El enfoque de ciclo de la cadena de suministro es muy útil cuando se consideran las decisiones de operación, ya que especifica con claridad la función de cada miembro de la cadena de suministro. La descripción detallada del proceso de una cadena de suministro en el enfoque de ciclo obliga al diseñador de la cadena de suministro a considerar la infraestructura requerida para apoyar estos procesos. Es útil, por ejemplo, cuando se establecen los sistemas de información para apoyar las operaciones de la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE El enfoque de ciclo de una cadena de suministro define con claridad los procesos que comprende y los propietarios de cada proceso. Este enfoque es muy útil cuando se consideran las decisiones operacionales, ya que especifica las funciones y responsabilidades de cada miembro de la cadena de suministro, así como el resultado deseado de cada proceso.

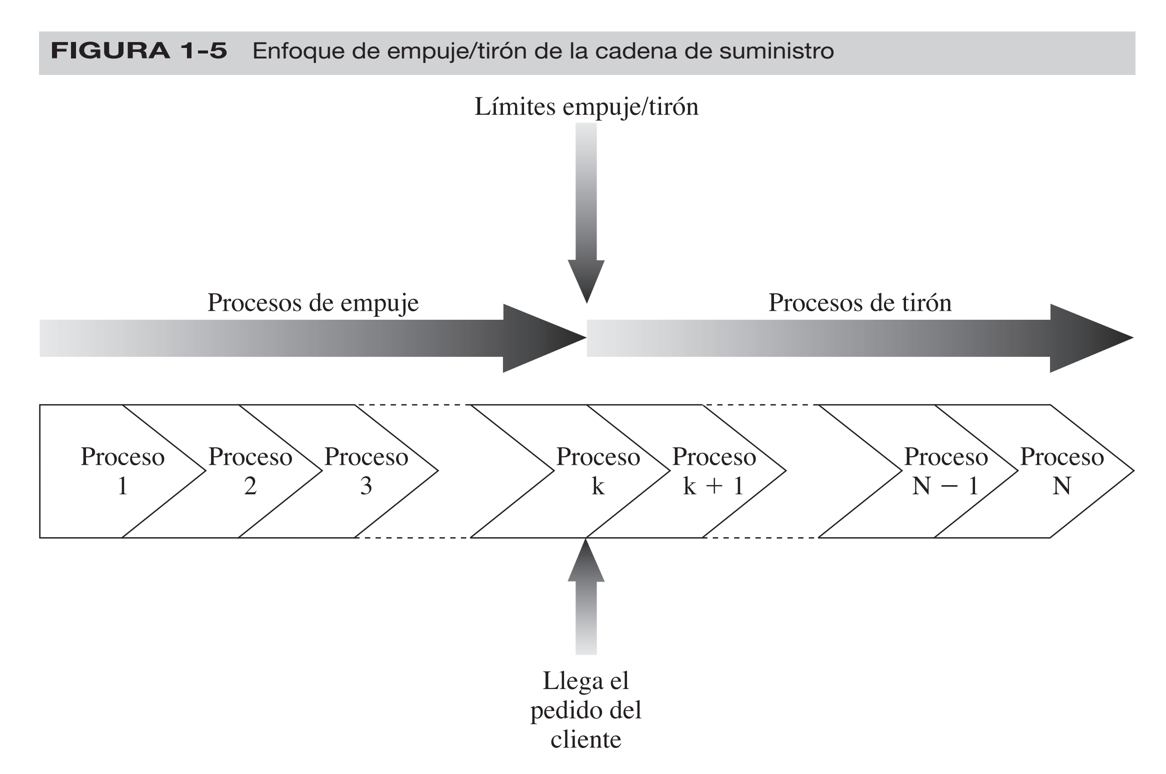
ENFOQUE DE EMPUJE/TIRÓN DE LOS PROCESOS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

Todos los procesos de una cadena de suministro se clasifican dentro de una de dos categorías, dependiendo del momento de su ejecución en relación con la demanda del consumidor final. Con los procesos de tirón, la ejecución se inicia en respuesta a un pedido del cliente. Con los procesos de empuje, la ejecución se inicia en anticipación a los pedidos de los clientes. Por tanto, en el momento de la ejecución de un proceso de tirón, se conoce con certidumbre la demanda del cliente, mientras que en el momento de ejecución de un proceso de empuje, la demanda no se conoce y se debe pronosticar. Los procesos de tirón pueden llamarse *procesos reactivos*, pues reaccionan a la demanda del cliente. Los procesos de empuje pueden denominarse *especulativos*, ya que responden a la demanda especulada (o pronosticada) en lugar de la real. El *límite empuje/tirón* en una cadena de suministro separa los procesos de empuje de los de tirón, como se muestra en la figura 1-5. Los procesos de empuje operan en un ambiente de incertidumbre ya que la demanda del cliente no se conoce todavía. Los procesos de tirón operan en un ambiente en el cual la demanda del cliente se conoce. Sin embargo, con frecuencia están restringidos por las decisiones sobre el inventario y la capacidad que se tomaron en la fase de empuje.

Comparemos un ambiente de fabricación para inventario (make-to-stock), como el de L.L. Bean, con un ambiente de fabricación sobre pedido o por encargo (build-to-order), como el de Dell, para hacer un parangón entre el enfoque empuje/tirón y el enfoque de ciclo.

L.L. Bean ejecuta todos los procesos en el ciclo del pedido del cliente *después* de que éste llega. Todos los procesos que son parte de este ciclo son, por tanto, procesos de tirón. Los pedidos se surten con productos tomados del inventario que se creó en previsión de los pedidos de los clientes. La meta del ciclo de reabastecimiento es asegurar la disponibilidad del producto para cuando llegue el pedido del cliente. Todos los procesos en el ciclo de reabastecimiento se desarrollan con anticipación a la demanda y por tanto son procesos de empuje. Lo mismo se aplica a los procesos en los ciclos de fabricación y de abasto. De hecho, la materia prima, como la

FIGURA 1-5 Enfoque de empuje/tirón de la cadena de suministro



tela, se compra con frecuencia seis o nueve meses antes de la llegada de la demanda del cliente. La fabricación en sí misma inicia seis meses antes del punto de venta. Los procesos de la cadena de suministro de L.L. Bean se dividen en procesos de tirón y empuje, como se muestra en la figura 1-6.

La situación es diferente para un fabricante de computadoras que fabrica sobre pedido, como Dell, puesto que no vende a través de un minorista o distribuidor sino directamente al cliente. La demanda no se satisface a partir de un inventario de producto terminado, sino de la producción. La llegada del pedido del cliente activa la fabricación del producto. El ciclo de

FIGURA 1-6 Procesos de empuje/tirón de la cadena de suministro L.L. Bean

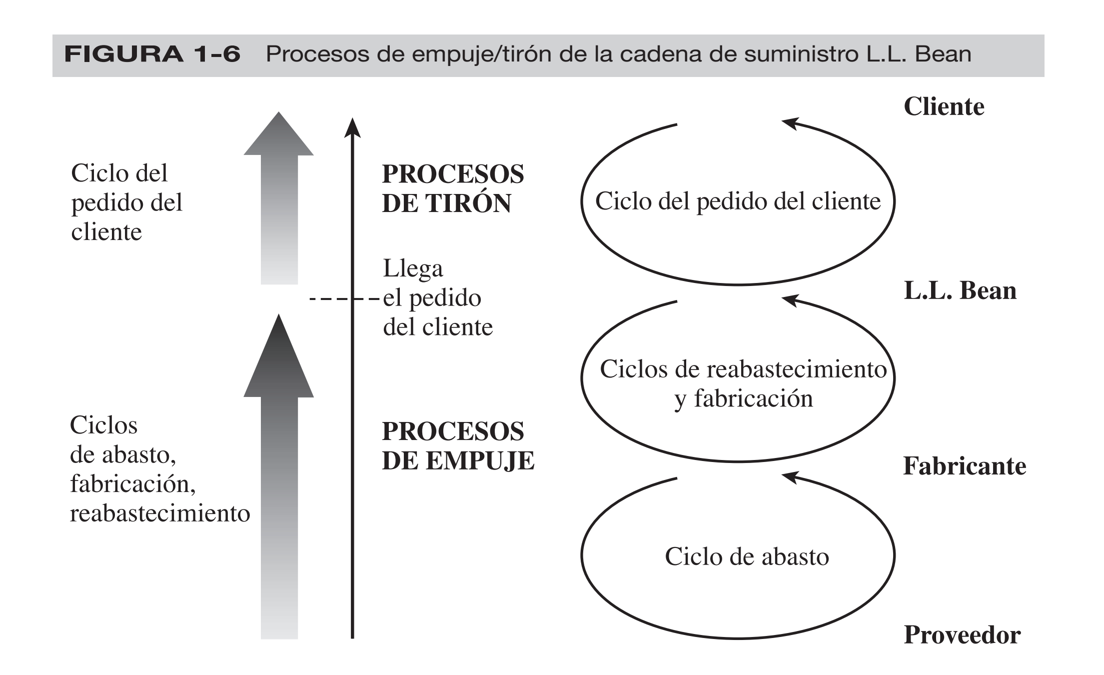
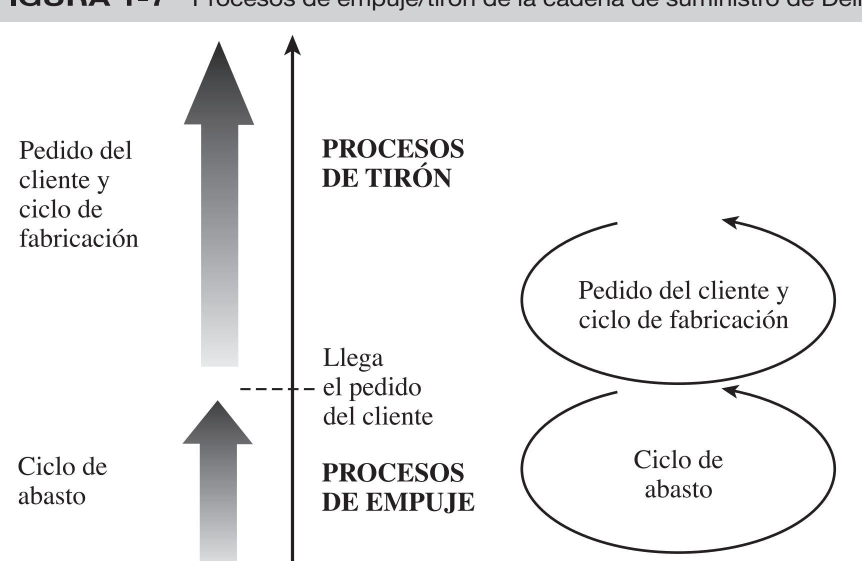


FIGURA 1-7 Procesos de empuje/tirón de la cadena de suministro de Dell



manufactura es, por tanto, parte del proceso de surtido del pedido del cliente en el ciclo de la misma. Efectivamente, existen sólo dos ciclos en la cadena de suministro de Dell: (1) ciclo del pedido del cliente y fabricación y (2) ciclo de abasto, como se muestra en la figura 1-7.

Todos los procesos del ciclo del pedido del cliente y fabricación de Dell se clasifican como procesos de tirón, ya que se inician con la llegada del cliente. Sin embargo, Dell no coloca órdenes de componentes en respuesta al pedido del cliente. El inventario se reabastece en anticipación a la demanda de aquél. Todos los procesos en el ciclo de abasto de Dell se clasifican como procesos de empuje, ya que responden a un pronóstico. Los procesos de la cadena de suministro de Dell se dividen en procesos de tirón y de empuje como se muestra en la figura 1-7.

El enfoque empuje/tirón de la cadena de suministro es muy útil cuando se consideran las decisiones estratégicas relacionadas con el diseño de la cadena de suministro. La meta es identificar un límite empuje/tirón apropiado de modo que pueda igualar la oferta y la demanda de manera eficaz.

La industria de la pintura ofrece otro ejemplo de las ganancias que se obtienen cuando se ajusta en forma adecuada el límite empuje/tirón. La fabricación de pintura requiere la producción de la base, la mezcla de los colores y el empaque. Hasta la década de 1980, todos estos procesos se realizaban en grandes fábricas y las latas de pintura se enviaban a las tiendas. Éstos calificaban como procesos de empuje, ya que se llevaban a cabo a partir de un pronóstico en anticipación a la demanda del cliente. Debido a la incertidumbre en la demanda, la cadena de suministro de pintura tenía mucha dificultad para igualar la oferta y la demanda. En la década de 1990, las cadenas de suministro de pintura se reestructuraron de manera que la mezcla de los colores se hacía en la tienda del minorista después de que los clientes hacían su pedido. En otras palabras, la mezcla de color pasó de la fase de empuje a la de tirón en la cadena de suministro aun cuando la preparación de la base y el empaque de las latas seguían realizándose en la fase de empuje. El resultado es que los clientes siempre pueden conseguir el color de su elección, mientras que los inventarios de pintura descendieron en toda la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE El enfoque empuje/tirón de la cadena de suministro clasifica los procesos con base en si se inician en respuesta al pedido del cliente (tirón) o si se anticipan a ella (empuje). Este enfoque es muy útil cuando se consideran las decisiones estratégicas relacionadas con el diseño de la cadena de suministro.

PROCESOS MACRO DE UNA CADENA DE SUMINISTRO EN UNA COMPAÑÍA

Todos los procesos de la cadena de suministro que se han discutido en los dos enfoques de procesos y a lo largo de este libro se clasifican en los siguientes tres procesos macro, como se muestra en la figura 1-8.

1. ***Administración de la relación con el cliente (ARC):*** Todos los procesos que se centran en la interacción de la compañía con sus clientes.
2. ***Administración de la cadena de suministro interna (ACSI):*** Todos los procesos internos de la empresa.
3. ***Administración de la relación con el proveedor (ARP):*** Todos los procesos que se centran en la interacción de la compañía con sus proveedores.

Los tres procesos macro administran el flujo de información, productos y fondos requeridos para generar, recibir y cumplir la petición del cliente. El proceso macro ARC apunta a generar demanda por parte del cliente y a facilitar la colocación y el seguimiento de los pedidos. Incluye procesos como los de marketing, fijación de precios, ventas, administración de pedidos y administración del centro de atención telefónica. En un distribuidor industrial como W.W. Grainger, los procesos ARC incluyen los de preparación de catálogos y otros materiales de marketing, administración del sitio Web y administración del centro de atención telefónica donde se toman los pedidos y se proporciona servicio. El proceso macro ACSI apunta a satisfacer la demanda generada por el proceso ARC de manera oportuna y al menor costo posible. El proceso macro ACSI incluye la planeación de la capacidad interna de producción y almacenamiento, la preparación de los planes de demanda y oferta y el surtido de los pedidos reales. En W.W. Grainger, el proceso ACSI incluye la planeación de la localización y tamaño de los almacenes; decidir cuáles productos transportar a cada almacén; preparar las políticas de administración del inventario; recoger, empacar y enviar los pedidos reales. El proceso macro ARP apunta a conseguir y administrar las fuentes de suministro de varios bienes y servicios. Incluye la evaluación y la selección de proveedores, negociación de los términos del suministro y la comunicación respecto a nuevos productos y órdenes para los proveedores. En W.W. Grainger, los procesos ARP incluyen la selección de proveedores de varios productos, negociación de los precios y los términos de la entrega con los proveedores, el compartir los planes de la demanda y oferta con los proveedores y la colocación de órdenes de reabastecimiento.

Los tres procesos macro de la cadena de suministro y sus procesos componentes se muestran en la figura 1-8.

Observe que todos los procesos macro apuntan a servir al mismo cliente. Para que una cadena de suministro sea exitosa, es crucial que los tres procesos macro estén bien integrados. La importancia de esta integración se discute en los capítulos 16 y 17. La estructura organizacional de la compañía tiene una fuerte influencia en el éxito o fracaso del esfuerzo de integración. En muchas compañías, el departamento de marketing está a cargo de los procesos ARC; el de fabricación maneja los procesos macro ACSI y el de compras supervisa los procesos macro ARP,

FIGURA 1-8 Procesos macro de la cadena de suministro

Proveedor	Compañía	Cliente
ARP	ACSI	ARC
• Fuente • Negociación • Compra • Colaboración para el diseño • Colaboración para el suminstro	• Planeación estratégica • Planeación de la demanda • Planeación del suministro • Cumplimiento • Servicio de campo	• Mercado • Precio • Venta • Centro de llamadas • Administración de los pedidos

con muy poca comunicación entre ellos. No es raro que marketing y fabricación tengan dos pronósticos diferentes al hacer sus planes. Esta carencia de integración perjudica la habilidad de la cadena de suministro de igualar la oferta y la demanda de manera eficaz, lo que provoca clientes insatisfechos y costos elevados. Por tanto, las compañías deben estructurar una organización de la cadena de suministro que refleje los procesos macro y asegurar una buena comunicación y coordinación entre los propietarios de los procesos que interactúan entre sí.

PUNTO CLAVE Dentro de una empresa, todas las actividades de la cadena de suministro pertenecen a uno de los tres procesos macro: ARC, ACSI, ARP. La integración entre los tres procesos macro es crucial para el éxito de la administración de la cadena de suministro.

1.6 EJEMPLOS DE CADENAS DE SUMINISTRO

En esta sección consideramos varias cadenas de suministro y planteamos preguntas que deben ser contestadas durante las fases de diseño, planeación y operación de las mismas. En capítulos posteriores, discutimos los conceptos y presentamos metodologías para responder esas preguntas.

GATEWAY: FABRICANTE DE VENTAS DIRECTAS

Gateway es un fabricante de PC fundado en 1985 y que inició como fabricante de ventas directas, sin espacio en tiendas minoristas. En 1996, Gateway fue uno de los primeros fabricantes de computadoras que empezaron a vender PC en línea. Con el paso de los años, Gateway expandió sus operaciones en todo el mundo, con presencia en ventas y fabricación en Europa y en la región Asia-Pacífico. En 1999, la compañía tenía tres plantas en Estados Unidos, una en Irlanda y una en Malasia.

A finales de la década de 1990, Gateway introdujo una estrategia dinámica de inauguración de tiendas al detalle Gateway en todo Estados Unidos. Para enero de 2002, Gateway tenía cerca de 280 tiendas al detalle en ese país. La estrategia era evitar tener inventarios de producto terminado en las tiendas y simplemente utilizarlas para que los clientes probaran las PC y obtuvieran ayuda para decidir sobre la configuración adecuada de compra. Cuando los clientes colocaban su pedido, las PC se fabricaban sobre pedido y se enviaban desde una de las plantas de ensamblaje.

Inicialmente, los inversionistas premiaron a Gateway por esta estrategia y elevaron el precio de las acciones a más de 80 dólares por acción en 1999. Sin embargo, este éxito no duró mucho. Para noviembre de 2002, las acciones cayeron a menos de 4 dólares y Gateway perdió una importante cantidad de dinero. Las plantas de Salt Lake City, Irlanda y Malasia se cerraron. Para abril de 2004, Gateway había cerrado todas sus tiendas y reducido el número de configuraciones ofrecidas a los clientes. La compañía trataba de vender sus PC a través de minoristas dedicados a la electrónica como Best Buy y Circuit City. Como puede imaginar, ésta fue una considerable transición para la compañía.

Las siguientes preguntas resaltan las decisiones de la cadena de suministro que tienen relación con el desempeño de Gateway:

1. ¿Por qué Gateway tenía varias instalaciones de producción en Estados Unidos? En los últimos años Dell también ha incrementado el número de instalaciones en ese mismo país a cuatro. ¿Qué ventajas o desventajas ofrece incrementar el número de fábricas? ¿Cómo decide Gateway qué fábrica producirá y enviará el pedido del cliente?
2. ¿Qué factores consideró Gateway cuando decidió qué plantas cerrar?

3. ¿Por qué Gateway decidió no tener inventarios de productos terminados en sus tiendas minoristas?
4. ¿Debe una compañía que ha invertido en tiendas minoristas tener inventarios de bienes terminados? ¿Cuáles son las características de los productos que son más adecuados para formar parte del inventario de bienes terminados? ¿Qué caracteriza a los productos que es mejor fabricarlos sobre pedido o por encargo?
5. ¿El modelo de Dell de vender de manera directa sin tiendas minoristas es siempre menos costoso que una cadena de suministro con tiendas minoristas?
6. ¿Cuáles son las implicaciones para la cadena de suministro de la decisión de Gateway de ofrecer pocas configuraciones?

ZARA: FABRICANTE Y VENDEDOR DE ROPA

Zara es una cadena de tiendas de moda propiedad de Inditex, el fabricante y vendedor de ropa más grande de España. En 2004, Inditex registró ventas por 13 mil millones de euros en más de 2,200 tiendas en 56 países. La compañía inauguraba una nueva tienda cada día en ese mismo año. En una industria en la cual la demanda del cliente es inconstante, Zara creció rápidamente con una estrategia de ser altamente sensible a las tendencias cambiantes con precios accesibles. Mientras que los tiempos del ciclo diseño-ventas en la industria de la ropa ha promediado más de seis meses, Zara ha logrado tiempos de cinco a seis semanas. Esta velocidad le permite lanzar nuevos diseños cada semana y cambiar 75% de sus aparadores cada tres o cuatro semanas. Sus productos en el aparador se ajustan más a las preferencias de la clientela que los de la competencia. El resultado es que vende la mayor parte de sus productos sin descuento y tiene cerca de la mitad de rebajas en sus tiendas en comparación con sus competidores.

Zara fabrica su ropa empleando una combinación de fuentes flexibles y rápidas en Europa (la mayor parte en Portugal y España) y de fuentes de bajo costo en Asia. Esto contrasta con la mayor parte de los fabricantes de ropa, que han trasladado la mayor parte de su manufactura a Asia. Cerca de 40% de la capacidad de manufactura es propiedad de Inditex y el resto se subcontrata. Los productos con una demanda altamente incierta provienen de Europa, mientras que los que son más predecibles provienen de Asia. Más de 40% de sus compras de productos terminados y la mayor parte de su producción interna ocurre después de que inicia la temporada de rebajas. Esto contrasta con la competencia, que produce menos de 20% después de que la temporada inicia. Su capacidad de respuesta y posponer las decisiones hasta después de que se conocen las tendencias permiten a Zara reducir sus inventarios y los errores en sus pronósticos. Zara también ha invertido sobremanera en tecnología informática para asegurarse de que la información más reciente de las ventas esté disponible para basar en ella las decisiones de reabastecimiento y producción.

Hasta 2002, Zara centralizó toda su distribución europea y parte de su distribución global a través de un centro de distribución único (CD) en España. También tenía algunos pequeños CD satélites en países latinoamericanos. Se realizaban envíos desde los CD a las tiendas dos veces por semana. Esto permitía que el inventario en tienda se ajustara a la demanda del cliente. Conforme Zara ha crecido, ha construido otro centro de distribución en España.

Las siguientes preguntas plantean aspectos de la cadena de suministro que son centrales para la estrategia y el éxito de Zara:

1. ¿Cuál es la ventaja de Zara frente a la competencia al tener una cadena de suministro con una gran capacidad de respuesta?
2. ¿Por qué Inditex decidió tener tanto fabricación interna como subcontratada? ¿Por qué Inditex ha mantenido la capacidad de manufactura en Europa, aun cuando la manufactura en Asia es más barata?
3. ¿Por qué Zara se provee de productos cuya demanda es incierta con fabricantes locales y de productos cuya demanda es predecible con fabricantes asiáticos?

4. ¿Por qué Zara construye un nuevo centro de distribución a medida que sus ventas aumentan? ¿Es mejor tener el nuevo centro de distribución cerca de uno existente o en una ubicación completamente diferente?
5. ¿Qué ventaja obtiene Zara de reabastecer sus tiendas dos veces por semana en comparación con un programa de menor frecuencia? ¿De qué manera la frecuencia de reabastecimiento afecta el diseño de su sistema de distribución?
6. ¿Qué infraestructura de información necesita Zara a fin de operar de manera eficaz su red de producción, distribución y ventas al detalle?

W.W. GRAINGER Y McMASTER-CARR: PROVEEDORES DE PRODUCTOS DE MANTENIMIENTO, REPARACIÓN Y OPERACIONES (MRO)

W.W. Grainger y McMaster-Carr venden productos de mantenimiento, reparación y operaciones (MRO). Ambas compañías tienen catálogos así como páginas Web a través de las cuales se colocan los pedidos. W.W. Grainger cuenta también con varios cientos de tiendas en Estados Unidos. Los clientes pueden entrar a la tienda, colocar un pedido o colocarlo a través de la Web. Los pedidos de W. W. Grainger son enviados al cliente o éste puede recogerlos en alguna de las tiendas. Por otro lado, McMaster-Carr envía casi todas sus pedidos (algunos clientes que están cerca de sus CD recogen sus propios pedidos). W.W. Grainger tiene nueve centros de distribución que reabastecen las tiendas y surten los pedidos de los clientes. McMaster tiene centros de distribución desde los cuales surte todos los pedidos. Ninguna de estas empresas fabrica producto alguno. Sirven primordialmente como distribuidores o como minoristas. Su éxito se debe a su habilidad para administrar su cadena de suministro.

Ambas ofrecen a sus clientes varios cientos de miles de productos. Cada una almacena más de 100,000 productos y el resto lo obtiene del proveedor conforme se necesita. Ambas compañías enfrentan los siguientes problemas estratégicos y de operación.

1. ¿Cuántos CD deberían construir y dónde deberían ubicarlos?
2. ¿Cómo debería manejarse el producto almacenando en los CD? ¿Deberían todos los CD tener todos los productos?
3. ¿Qué productos deberían tenerse en inventario y cuáles deberían dejarse al proveedor?
4. ¿Qué productos debería tener W.W. Grainger en las tiendas?
5. ¿Cómo deberían asignarse los mercados a los CD en términos de surtido de los pedidos? ¿Qué debería hacerse si no es posible surtir un pedido por completo en un CD? ¿Debería haber ubicaciones especificadas de respaldo? ¿Cómo deberían seleccionarse?
6. ¿Cómo debería manejarse el reabastecimiento del inventario en las diversas ubicaciones de almacenaje?
7. ¿Cómo deberían manejarse los pedidos provenientes de la Web en relación con el negocio existente? ¿Es mejor integrar los negocios Web con los negocios existentes o establecer una distribución separada?
8. ¿Qué medios de transporte deberían emplearse para surtir los pedidos y reabastecer el inventario?

TOYOTA: UN FABRICANTE DE AUTOS GLOBAL

Toyota Motor Corporation es el principal fabricante japonés de automóviles que ha experimentado un crecimiento significativo en las ventas globales en las últimas dos décadas. Un problema clave que enfrenta es el diseño de su red global de producción y distribución. Parte de su estrategia es abrir fábricas en todos los mercados que atiende. Toyota debe decidir cuál será la capacidad de producción de cada una de las fábricas, puesto que esto tiene un impacto significativo en el sistema de distribución deseado. En un extremo, cada planta deberá equiparse sólo con producción local. En el otro, cada planta será capaz de proveer a todos los mercados. Antes

de 1996, Toyota recurría a sus fábricas locales especializadas en cada mercado. Después de la crisis financiera asiática de 1996-1997, Toyota rediseñó sus plantas de manera que pudiera también exportar a mercados que permanecían fuertes cuando se debilitaba el mercado local, estrategia que recibió el nombre de "complemento global".

También es tema de debate si las plantas de partes de Toyota deben ser globales o locales. ¿Deberían diseñarse éstas para consumo local o debería haber algunas cuantas globales que suministraran a múltiples plantas de ensamblaje? Cualquier fabricante global como Toyota debe contestar las siguientes preguntas respecto a la configuración y la capacidad de la cadena de suministro:

1. ¿Dónde deberían estar ubicadas las plantas y qué grado de flexibilidad debería tener cada una de ellas? ¿Qué capacidad debería tener cada planta?
2. ¿Deberían ser capaces de producir para todos los mercados o sólo para mercados de contingencia específicos?
3. ¿Cómo deberían asignarse los mercados a las plantas y con qué frecuencia debería revisarse esta asignación?
4. ¿Qué grado de flexibilidad debería incorporarse en el sistema de distribución?
5. ¿Cómo debería valorarse esta inversión en flexibilidad?
6. ¿Qué acciones deben tomarse durante el diseño del producto para facilitar esta flexibilidad?

AMAZON.COM: UNA EMPRESA ELECTRÓNICA

Amazon.com vende libros, música y otros artículos por Internet, siendo una de las pioneras en comercio electrónico. Amazon, con sede en Seattle, comenzó surtiendo todos los pedidos con libros que compraba a un distribuidor en respuesta a los pedidos de los clientes. Esta práctica difiere de la librería tradicional, la cual compra directamente a la editorial y almacena los libros con anticipación a los pedidos de los clientes. En la actualidad, Amazon tiene seis almacenes donde mantiene sus inventarios. Almacena los libros de mejor venta, aunque obtiene otros títulos de distribuidores o editoriales. Emplea el servicio postal de Estados Unidos y otros servicios de mensajería, como UPS y FedEx, para enviar los libros a los clientes.

Amazon ha continuado expandiendo el grupo de productos que vende en línea. Además de libros y música, Amazon agregó muchas categorías de productos, como juguetes, ropa, aparatos electrónicos, joyería y zapatos. Después de varios años de pérdidas, Amazon ha sido rentable desde 2003.

Varios jugadores tradicionales, que incluyen las librerías como Borders y Barnes & Noble, también han empezado a vender por el canal de Internet. Barnes & Noble ha establecido Barnes&Noble.com como otra compañía, mientras que Borders emplea a Amazon para surtir sus pedidos en línea después de haber tratado de operar un negocio en Internet. En el caso de Barnes & Noble, las cadenas de suministro de la tienda minorista y de la tienda en línea comparten el almacenaje y la transportación en cierta medida. Ésta es una desviación de la estrategia original de la compañía, cuando Barnes&Noble.com no era visible en ninguna librería de Barnes & Noble.

Varias preguntas surgen respecto a cómo Amazon se estructura y cómo las librerías tradicionales han respondido:

1. ¿Por qué conforme crece Amazon construye más almacenes? ¿Cuántos almacenes debería tener y dónde deberían estar ubicados?
2. ¿Qué ventajas proporciona vender libros vía Internet sobre la librería tradicional? ¿Existe alguna desventaja en hacerlo así?
3. ¿Debería Amazon tener existencias de todos los libros que vende?
4. ¿Qué ventaja pueden obtener los jugadores tradicionales de establecer un canal en línea? ¿Cómo deberían emplear los dos canales para obtener la máxima ventaja?

5. ¿Deberían las librerías tradicionales como Barnes & Noble integrar el comercio electrónico a su cadena de suministro actual o manejarlo por separado?
6. ¿Para qué productos el canal del comercio electrónico ofrece una gran ventaja? ¿Qué caracteriza a estos productos?

1.7 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Explicar la meta de una cadena de suministro y explicar el impacto de las decisiones acerca de ésta en el éxito de la compañía.

   La meta de una cadena de suministro debe ser maximizar su rentabilidad total. Ésta es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente y la suma de los costos incurridos en todas las etapas de la cadena de suministro. Las decisiones acerca de ésta tienen un gran impacto en el éxito o el fracaso de cada firma, ya que influyen de manera significativa tanto en los ingresos generados como en el costo incurrido. Las cadenas de suministro exitosas administran los flujos de productos, información y fondos para proporcionar un alto nivel de disponibilidad del producto al cliente mientras que se mantienen bajos los costos.
2. Identificar las tres fases de decisión clave de la cadena de suministro y explicar el significado de cada una.

   Las decisiones acerca de la cadena de suministro se pueden caracterizar como estratégicas (diseño), de planeación u operación, dependiendo del periodo durante el cual apliquen. Las decisiones estratégicas se relacionan con la configuración de la cadena de suministro. Estas decisiones tienen un impacto a largo plazo, que dura varios años. Las decisiones de planeación cubren un periodo de unos cuantos meses a un año e incluyen decisiones como planes de producción, subcontratación y promociones durante ese periodo. Las decisiones de operación abarcan desde unos minutos a varios días e incluyen secuenciación de la producción y surtir pedidos específicos. Las decisiones estratégicas definen las restricciones de las decisiones de planeación, y éstas definen las restricciones de las decisiones de operación.
3. Describir el enfoque de ciclo y el enfoque empuje/tirón de una cadena de suministro.

   El enfoque de ciclo de la cadena de suministro divide los procesos en ciclos, que cada uno se ejecuta en la interfase entre dos etapas sucesivas de la cadena de suministro. Cada ciclo inicia con la colocación de un pedido en una etapa de la cadena de suministro y termina cuando se recibe el pedido de la etapa del proveedor. Un enfoque empuje/tirón de la cadena de suministro caracteriza los procesos con base en el tiempo, en relación con el pedido del cliente. Los procesos de tirón se realizan en respuesta al pedido del cliente, mientras que los procesos de empuje se llevan a cabo con anticipación a ésta.
4. Clasificar los procesos macro de una cadena de suministro en una compañía.

   Todos los procesos de una cadena de suministro se clasifican en tres procesos macro dependiendo de si están en la interfase con el cliente o el proveedor o son internos en la compañía. Los procesos macro ARC se componen de todos los procesos que se encuentran en la interfase entre la compañía y el cliente y que funcionan para generar, recibir y dar seguimiento a los pedidos de los clientes. El proceso macro ACSI consiste en todos los procesos de la cadena de suministro que son internos a la compañía y trabajan para planear y surtir los pedidos de los clientes. El proceso macro ARP está constituido por todos los procesos de la cadena de suministro en la interfase entre la firma y sus proveedores que funcionan para evaluarlos y seleccionarlos para que les suministren bienes y servicios.

Preguntas de discusión

1. Considere la compra de una lata de refresco en una tienda pequeña. Describa las diversas etapas de la cadena de suministro y los diferentes flujos que intervienen.
2. ¿Por qué una empresa como Dell debe tomar en consideración la rentabilidad total de la cadena de suministro al tomar decisiones?
3. ¿Cuáles son las decisiones estratégicas, de planeación y operación que debe tomar un vendedor de ropa como The Gap?

4. Considere la cadena de suministro involucrada cuando el cliente compra un libro en una librería. Identifique los ciclos en ésta y la ubicación de los límites empuje/tirón.
5. Considere la cadena de suministro involucrada cuando un cliente pide un libro de Amazon. Identifique los límites empuje/tirón y dos procesos tanto en la fase de empuje como en la de tirón.
6. ¿De qué manera los flujos de la cadena de suministro afectan el éxito o el fracaso de una compañía como Amazon? Enumere dos decisiones de la cadena de suministro que han tenido un impacto significativo en la rentabilidad de la misma.

Bibliografía

Cavinato, Joseph L., "What's Your Supply Chain Type?", *Supply Chain Management Review,* mayo-junio de 2002, pp. 60-66.

Fisher, Marshall L., "What Is the Right Supply Chain for Your Product?", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1997, pp. 83-93.

Fuller, Joseph B., James O'Conner y Richard Rawlinson, "Tailored Logistics: The Next Advantage", *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1993, pp. 87-98.

Kopczak, Laura R. y M. Eric Johnson, "The Supply Chain Management Effect", *Sloan Management Review*, verano de 2003, pp. 27-34.

Lambert, Douglas M., "The Eight Essential Supply Chain Management Processes." *Supply Chain Management Review*, septiembre de 2004, pp. 18-26.

Lee, Hau L., "Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties", *California Management Review*, verano de 2002, pp. 105-119.

Magretta, Joan, "Fast, Global, and Entrepreneurial: Supply Chain Management, Hong Kong Style", *Harvard Business Review*, septiembre-octubre de 1998, pp. 102-114.

Magretta, Joan, "The Power of Virtual Integration: An Interview with Dell Computer's Michael Dell", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1998, pp. 72-84.

Quinn, Francis J., 1999. "Reengineering the Supply Chain: An Interview with Michael Hammer", *Supply Chain Management Review*, verano de 1999, pp. 20-26.

Robeson, James F. y William C. Copacino, eds., *The Logistics Handbook.* New York: Free Press, 1994.

Shapiro, Roy D., "Get Leverage from Logistics", *Harvard Business Review*, mayo-junio de 1984, pp. 119-127.

Slone, Reuben E., "Leading a Supply Chain Turnaround", *Harvard Business Review*, octubre de 2004, pp. 114-121.

CAPÍTULO 2

DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO: LOGRAR EL AJUSTE Y EL ALCANCE ESTRATÉGICOS



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Explicar por qué lograr un ajuste estratégico es crucial para el éxito de la compañía.
2. Describir cómo una compañía logra el ajuste estratégico entre su estrategia de la cadena de suministro y su estrategia competitiva.
3. Analizar la importancia de expandir el alcance del ajuste estratégico a toda la cadena de suministro.

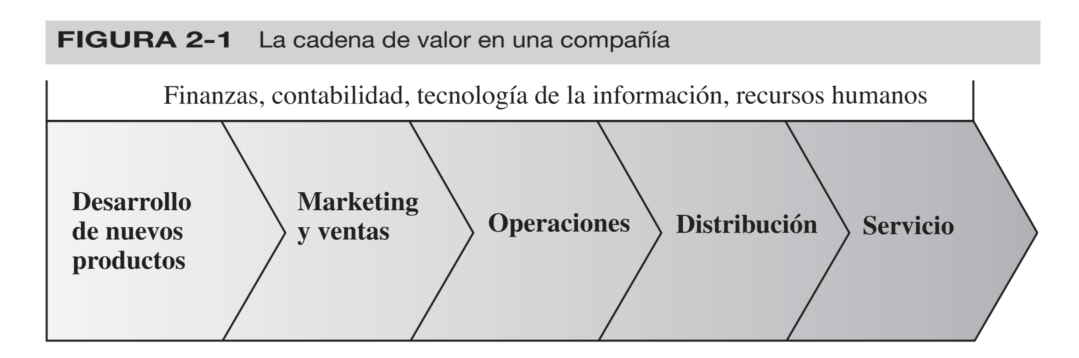
En el capítulo 1 hablamos de lo que es una cadena de suministro y la importancia del diseño, planeación y operación de la misma para el éxito de la compañía. En este capítulo, definimos la estrategia de la cadena de suministro y explicamos de qué manera la creación de un ajuste estratégico entre la estrategia competitiva y la estrategia de cadena de suministro afecta el desempeño. También hablamos de la importancia de extender el alcance del ajuste estratégico de una operación dentro de una compañía a todas las etapas de la cadena de suministro.

2.1 ESTRATEGIAS COMPETITIVA Y DE CADENAS DE SUMINISTRO

La *estrategia competitiva* de una compañía define, en relación con sus competidores, el grupo de necesidades del cliente que ésta busca satisfacer con sus productos y servicios. Por ejemplo, el objetivo de Wal-Mart es proporcionar una alta disponibilidad de una variedad de productos de calidad razonable a bajos precios. La mayoría de los productos que se venden ahí son cosas comunes (todo, desde línea blanca hasta ropa) que pueden comprarse en todos lados. Lo que Wal-Mart ofrece es un precio bajo y disponibilidad del producto. McMaster-Carr vende productos de mantenimiento, reparación y operaciones. Ofrece más de 400,000 productos diferentes a través de su catálogo y un sitio Web. Su estrategia competitiva se basa en proporcionar al cliente comodidad, disponibilidad y respuesta oportuna. Con este enfoque en la respuesta oportuna, McMaster no compite con base en un precio bajo. Evidentemente, la estrategia competitiva de Wal-Mart es diferente de la de McMaster.

También podemos contrastar a Dell, con su modelo de fabricación sobre pedido, con una compañía como Gateway, que vende computadoras personales a través de minoristas. Dell ha enfatizado la personalización y la variedad a un costo razonable, con clientes que deben esperar cerca de una semana para tener su producto. En contraste, un cliente puede entrar a una tienda minorista, ser asesorado por un vendedor e irse el mismo día con una computadora. La variedad y la personalización que ofrece el minorista son limitadas. En cada caso, la estrategia competitiva se define con base en cómo el cliente da prioridad al costo del producto, tiempo de entrega, variedad y calidad. Un cliente de McMaster/Carr pone mayor énfasis en la variedad de los productos y en el tiempo de respuesta que en el costo. Por el contrario, el de Wal-Mart pone mayor énfasis en el costo. Un cliente de Dell, que compra en línea, concede mayor impor-

FIGURA 2-1 La cadena de valor en una compañía



tancia a la variedad del producto y a la personalización. Un cliente que compra una PC en una tienda minorista está más interesado en el precio, una respuesta rápida y en la ayuda en la selección del producto. Por tanto, la estrategia competitiva se definirá con base en las prioridades de los clientes. Asimismo, se dirigirá a uno o más segmentos de clientes y a proporcionar productos y servicios que satisfacen estas necesidades del consumidor.

Para ver la relación entre las estrategias competitivas y las de la cadena de suministro, comenzaremos con la cadena de valor de una organización típica, como se muestra en la figura 2-1.

La cadena de valor empieza con el desarrollo de un nuevo producto, que crea especificaciones para el producto. Marketing y ventas generan la demanda al promocionar las prioridades del cliente que los productos y servicios satisfarán. Marketing también recaba información para el desarrollo del nuevo producto. Usando las especificaciones de éste, Operaciones transforma los insumos en producción para la creación del mismo. Distribución lleva el producto al cliente o viceversa. Servicio responde a las peticiones del cliente durante o después de la venta. Los anteriores son los procesos o funciones principales que deben llevarse a cabo para una venta exitosa. Finanzas, contabilidad, tecnología de la información y recursos humanos apoyan y facilitan el funcionamiento de la cadena de valor.

Para ejecutar la estrategia competitiva de la compañía, todas estas funciones desempeñan un papel, y cada una debe desarrollar su propia estrategia. Aquí, la estrategia se refiere a lo que cada proceso o función tratará de hacer particularmente bien.

La estrategia de *desarrollo de productos* especifica el portafolio de nuevos productos que la compañía tratará de desarrollar. También, determina si el esfuerzo de desarrollo se llevará a cabo internamente o se subcontratará. Una estrategia de *marketing y ventas* especifica cómo se segmentará el mercado y cómo se posicionará, se le fijará precio y se promocionará el producto. Una *estrategia de cadena de suministro* determina la naturaleza de la obtención de las materias primas, el transporte de los materiales desde y hacia la compañía, la fabricación del producto u operación para proporcionar el servicio y la distribución del producto al cliente, junto con cualquier servicio de seguimiento y una especificación que indique si estos procesos se llevarán a cabo de manera interna o se subcontratarán. Dado que las compañías rara vez están completamente integradas de manera vertical, es importante reconocer que la estrategia de cadena de suministro define tanto los procesos que se realizarán bien dentro de la empresa, como la función que desempeñará cada entidad de la cadena de suministro. Por ejemplo, la estrategia de cadena de suministro de Cisco exige que la mayor parte de la fabricación y ensamblaje de los componentes se subcontraten. En este caso, la estrategia de cadena de suministro de Cisco identifica no sólo lo que Cisco debe hacer bien, sino también la función de los terceros a quienes se subcontrató para la realización de las tareas. Esta estrategia especifica qué funciones de operación, distribución y servicio, ya sea que se lleven a cabo de manera interna o se subcontraten, deben hacerse especialmente bien. Debido a que nuestro polo de atención es la estrategia de cadena de suministro, la definimos con más detalle. Ésta incluye una especificación sobre la

estructura general de la cadena y lo que muchos llaman “estrategia del proveedor”, “estrategia de operaciones” o “estrategia de logística”. Por ejemplo, la decisión de Dell de vender de manera directa, la de Gateway de comenzar a vender computadoras personales a través de minoristas y la de Cisco de emplear fabricación por contrato definen la estructura general de sus cadenas de suministro, y son parte de sus estrategias. La estrategia de cadena de suministro también incluye decisiones de diseño respecto al inventario, transporte, instalaciones de operación y flujos de información. Por ejemplo, la decisión de Amazon de construir bodegas para almacenar algunos productos y seguir usando distribuidores como fuente de otros productos es parte de su estrategia de cadena de suministro. De igual manera, la decisión de Toyota de tener instalaciones de producción en cada uno de sus principles mercados forma parte de su estrategia de cadena de suministro.

La cadena de valor enfatiza la estrecha relación entre las estrategias funcionales dentro de la compañía. Cada función es crucial para que la compañía satisfaga las necesidades del cliente de manera rentable. Por tanto, las diversas estrategias funcionales no pueden formularse en forma aislada, ya que están estrechamente entrelazadas y deben ajustarse y apoyarse la una a la otra para que la compañía tenga éxito.

Por ejemplo, el éxito de Seven-Eleven Japón se relaciona con el excelente ajuste de sus estrategias funcionales. Su marketing ha enfatizado la conveniencia en la forma de un acceso fácil a las tiendas y la disponibilidad de una amplia gama de productos y servicios. El desarrollo de nuevos productos constantemente agrega bienes y servicios, como el pago de servicios, que atrae a los clientes y explota la excelente infraestructura de información y el hecho de que los clientes visiten la tienda. La operación y la distribución se han enfocado en tener una alta densidad de tiendas, una alta capacidad de respuesta y proporcionar una excelente infraestructura de información. El resultado es un ciclo virtuoso en el cual la infraestructura de la cadena de suministro se explota para ofrecer nuevos productos y servicios que incrementan la demanda, y ésta, a su vez, facilita las operaciones para mejorar la densidad de las tiendas, la capacidad de respuesta en el reabastecimiento y la infraestructura de la información.

En la siguiente sección trabajaremos en el concepto de ajuste y trataremos de responder esta pregunta: dada la estrategia competitiva, ¿qué debe tratar de hacer particularmente bien la cadena de suministro de una empresa?

2.2 LOGRAR UN AJUSTE ESTRATÉGICO

Este capítulo se basa en la idea de que para que cualquier compañía sea exitosa, tanto su estrategia de cadena de suministro como su estrategia competitiva deben sincronizarse. El *ajuste estratégico* significa que ambas estrategias deben tener alineadas sus metas. Se refiere a la congruencia entre las prioridades del cliente que la estrategia competitiva espera satisfacer y las capacidades de la cadena de suministro que la estrategia de la misma desea construir. El tema de lograr un ajuste estratégico es la consideración clave durante la estrategia o fase de diseño de la cadena de suministro de la que se trató en el capítulo 1.

Todos los procesos y funciones que son parte de la cadena de valor de una compañía contribuyen al éxito o al fracaso de la misma, y no operan de manera aislada; ninguno puede asegurar el éxito de la cadena. Sin embargo, el fracaso de cualquiera de ellos, puede llevar al mismo destino a toda la cadena. Tanto el éxito como el fracaso de una compañía están estrechamente unidos a las siguientes claves:

1. La estrategia competitiva y todas las estrategias funcionales deben ajustarse para formar una estrategia total coordinada. Cada estrategia funcional debe apoyar a otras y contribuir a que la compañía alcance la meta de su estrategia competitiva.
2. Las diferentes funciones de una compañía deben estructurar en forma apropiada sus procesos y recursos para que sean capaces de ejecutar estas estrategias de manera exitosa.

3. Tanto el diseño de toda la cadena de suministro como la función que cumplirá cada etapa deben estar alineados para apoyar la estrategia de la cadena.

Una compañía puede fracasar debido a la carencia de un ajuste estratégico o porque el diseño, los procesos y los recursos de toda la cadena de suministro no proporcionan las capacidades para apoyar el ajuste deseado. Al pensar en las mayores tareas del presidente de una organización (CEO, Chief executive officer), hay pocas cosas más importantes que el trabajo de alinear el diseño de la cadena de suministro y todas las estrategias funcionales esenciales con la estrategia competitiva total para lograr el ajuste estratégico. Si no se logra la alineación, surgen conflictos entre las diferentes metas funcionales dentro de la compañía, o entre las metas de diferentes etapas de la cadena de suministro. Tales conflictos dan como resultado que las diferentes áreas funcionales dentro de la compañía y las distintas etapas de la cadena de suministro traten de atender diferentes prioridades del cliente. Este conflicto dentro de la compañía o a lo largo de la cadena de suministro produce conflictos durante la operación de ésta.

Considere, por ejemplo, una situación en la cual marketing está promocionando la capacidad de la compañía para proporcionar una gran variedad de productos con rapidez; simultáneamente, el departamento de distribución busca los medios de transporte de más bajo costo. En esta situación, es muy probable que el área de distribución retrase los pedidos para poder obtener mejores economías de transporte agrupándolos o que emplee métodos de transporte baratos pero lentos. Esta acción entra en conflicto con la meta de marketing de proporcionar variedad y rapidez. De igual manera, considere un escenario donde el detallista ha decidido proporcionar un alto nivel de variedad con bajos niveles de inventario, pero que ha seleccionado proveedores y transportistas con base en su bajo precio y no en su respuesta oportuna. En este caso, es probable que el detallista termine con clientes insatisfechos debido a la poca disponibilidad del producto.

Para explicar con mayor detalle el ajuste estratégico, regresemos al ejemplo de Dell Computer del capítulo 1. La estrategia competitiva de esta compañía es proporcionar una gran variedad de productos personalizados a un precio razonable. Sus clientes pueden seleccionar entre miles de configuraciones posibles de computadoras personales. En términos de la estrategia de cadena de suministro, un fabricante de computadoras dispone de varias opciones. En un extremo, la compañía puede tener una cadena de suministro eficiente centrada en la habilidad de producir computadoras personales de bajo costo si limita la variedad y explota las economías de escala. En el otro extremo, la compañía puede tener una cadena de suministro muy flexible y con respuesta oportuna que sea muy buena para producir una gran variedad de productos. En el último caso, los costos serán más altos que en una cadena eficiente. Ambas estrategias son viables por sí mismas, pero no necesariamente se ajustan a la estrategia competitiva de Dell. Una estrategia que enfatice la flexibilidad y la capacidad de respuesta tiene un mejor ajuste estratégico con la estrategia competitiva de Dell de ofrecer una gran variedad de productos personalizados.

Este concepto de ajuste también se extiende a otras estrategias funcionales de Dell. Por ejemplo, su estrategia de desarrollo de nuevos productos debe hacer hincapié en el diseño de productos que sean fácilmente personalizables, lo que podría incluir el diseño de plataformas comunes a varios productos y el uso de componentes comunes. Los productos de Dell emplean componentes comunes y se diseñan para ensamblarse con rapidez. Esta característica le permite armar PC personalizadas con más rapidez en respuesta al pedido del cliente. El diseño de nuevos productos apoya la capacidad de la cadena de suministro para ensamblar computadoras personalizadas en respuesta a los pedidos de los clientes. Esta capacidad, a su vez, apoya la meta estratégica de Dell de ofrecer personalización a sus clientes. Dell ha logrado un claro ajuste estratégico entre sus diferentes estrategias funcionales y su estrategia competitiva. La idea de ajuste también se extiende a otras etapas de la cadena de suministro de Dell. Dado que proporciona un alto grado de personalización al tiempo que opera con bajos niveles de inventario, es crucial que los proveedores y los transportistas tengan buena respuesta. Por ejemplo, la habilidad

de los transportistas de combinar una PC de Dell con un monitor de Sony le permite al primero no tener inventario alguno de monitores Sony. Dell ha tratado de lograr esta alineación de capacidades en toda su cadena de suministro.

¿CÓMO SE LOGRA EL AJUSTE ESTRATÉGICO?

¿Qué necesita hacer una compañía para lograr ese ajuste estratégico de importancia fundamental entre la cadena de suministro y las estrategias competitivas? Una estrategia competitiva deberá especificar, ya sea de manera explícita o implícita, uno o más segmentos de clientes que la compañía desea satisfacer. Para lograr el ajuste estratégico, la compañía debe asegurarse de que las capacidades de su cadena de suministro apoyen esta habilidad a fin de satisfacer los segmentos de clientes que desea captar.

Existen tres pasos básicos para lograr este ajuste estratégico, los cuales resumimos en este punto para analizarlos después con más detalle:

1. ***Entender al cliente y la incertidumbre de la cadena de suministro:*** Primero, una compañía debe entender las necesidades del cliente de cada segmento que trata de captar y la incertidumbre que enfrenta la cadena de suministro al satisfacerlas. Estas necesidades ayudan a la empresa a definir el costo deseado y los requerimientos de servicio. La incertidumbre de la cadena de suministro también le es de utilidad para identificar el grado de imprevisibilidad de la demanda, así como los trastornos y retrasos para los cuales debe estar preparada.

2. ***Entender las capacidades de la cadena de suministro:*** Existen muchos tipos de cadenas de suministro, cada una de las cuales se diseñó para realizar bien diferentes tareas. La compañía debe entender lo que su cadena de suministro se diseñó para hacer bien.

3. ***Lograr un ajuste estratégico:*** Si hay un desajuste entre lo que la cadena de suministro hace particularmente bien y las necesidades deseadas del cliente, la compañía tendrá que reestructurar la cadena de suministro para apoyar la estrategia competitiva o modificar esta última.

Paso 1: Entender al cliente y la incertidumbre de la cadena de suministro

Para entender al cliente, una compañía debe identificar las necesidades del segmento de clientes que se están satisfaciendo. Comparemos Seven-Eleven Japón y una tienda de descuento como Sam's Club (que es parte de Wal-Mart). Cuando los clientes van a Seven-Eleven a comprar detergente, lo hacen por la conveniencia de una tienda cercana y no necesariamente están buscando el precio más bajo. En contraste, el precio bajo es muy importante para el cliente de Sam's Club, que está dispuesto a tolerar menos variedad e incluso comprar paquetes de gran tamaño con tal de que el precio sea bajo. Aun cuando los clientes compran detergente en ambos lugares, la demanda varía junto con ciertos atributos. En el caso de Seven-Eleven, los clientes tienen prisa y quieren la conveniencia. En el caso de Sam's Club, quieren un precio bajo y están dispuestos a invertir tiempo en conseguirlo. En general, la demanda del cliente de segmentos diferentes varía a lo largo de diversos atributos de la manera siguiente.

- ***La cantidad del producto necesario para cada lote:*** Un pedido de emergencia de material necesario para reparar una línea de producción es probable que sea pequeño. Un pedido de material para construir una nueva línea de producción probablemente sea muy grande.
- ***El tiempo de respuesta que los clientes están dispuestos a tolerar:*** El tiempo de respuesta tolerable para un pedido de emergencia es probablemente corto, mientras que aquél para el pedido de una construcción sin duda será muy largo.
- ***La variedad de los productos necesarios:*** Un cliente puede conceder suma importancia a la disponibilidad de todas las partes de una orden de reparación de emergencia de un solo proveedor. Éste pudiera no ser el caso en un pedido para una construcción.
- ***El nivel de servicio requerido:*** El cliente que coloca un pedido de emergencia espera un alto nivel de disponibilidad del producto. Probablemente vaya a otro sitio si todas las partes que necesita no están disponibles de manera inmediata. Esto tal vez no ocurra en el caso de un pedido de construcción, para la cual el tiempo de espera quizá sea muy largo.

- ***El precio del producto:*** El cliente que coloca un pedido de emergencia quizá sea mucho menos sensible al precio que el que coloca una de construcción.
- ***La tasa deseada de innovación en el producto:*** Los clientes de una tienda departamental cara esperan una mayor innovación y nuevos diseños en la ropa de la tienda. Los de Wal-Mart quizá sean menos sensibles a la innovación de nuevos productos.

Los clientes de un segmento en particular tienden a tener necesidades similares, mientras que los de otro segmento pueden tener necesidades muy diferentes.

Aunque hemos descrito muchos de los atributos que varían con la demanda del cliente, nuestra meta es identificar una medida clave para combinarlos todos. Esta única medición ayuda a definir lo que debe hacer particularmente bien esta cadena de suministro.

Incertidumbre implícita de la demanda. A primera vista, podría parecer que cada una de las categorías de necesidades del cliente debería ser vista de manera diferente, pero en un sentido muy fundamental, la necesidad de cada cliente puede traducirse en una medida de la *incertidumbre implícita de la demanda*. Ésta se refiere a la incertidumbre de la demanda debida a la porción de la demanda a la que la cadena de suministro se está orientando, no a toda la demanda.

La distinción que hacemos entre la incertidumbre de la demanda y la incertidumbre implícita de la demanda es que la primera refleja la falta de certeza de la demanda del cliente por un producto. La segunda, por el contrario, es la incertidumbre resultante de sólo la porción de la demanda que la cadena de suministro planea satisfacer y los atributos que el cliente desea. Por ejemplo, una empresa que atiende sólo pedidos de emergencia de un producto enfrentará una incertidumbre implícita la demanda más alta que otra que suministra el mismo producto con un tiempo de entrega muy largo, porque la segunda tiene la oportunidad de surtir los pedidos de manera uniforme durante un tiempo de entrega muy largo.

Otra ilustración de la necesidad de esta distinción es el impacto del nivel de servicio. Conforme la cadena de suministro eleva su nivel de servicio, debe ser capaz de satisfacer un nivel cada vez más alto de la demanda real, lo que la obliga a prepararse para atender aumentos repentinos esporádicos de la demanda. Por tanto, elevar el nivel de servicio incrementa la incertidumbre implícita de la demanda aun cuando la incertidumbre subyacente de la demanda del producto no cambie.

Tanto la incertidumbre de la demanda del producto como las diversas necesidades del cliente que la cadena de suministro trata de satisfacer influyen en la incertidumbre implícita de la demanda. La tabla 2-1 ilustra cómo ésta se ve afectada por diversas necesidades del cliente.

En virtud de que cada una de las necesidades del cliente contribuye a la incertidumbre implícita de la demanda, podemos usar dicha incertidumbre como una métrica común con la cual distinguir los diferentes tipos de demanda.

TABLA 2-1 Impacto de las necesidades del cliente sobre la incertidumbre implícita de la demanda

Necesidad del cliente	*Causa que la incertidumbre implícita de la demanda...*
Incremento en el rango de la cantidad requerida	Aumente debido a que un rango más amplio de la cantidad requerida implica una varianza mayor en la demanda
Disminución del tiempo de suministro	Aumente debido a que existe menos tiempo para reaccionar a los pedidos
Incremento en la variedad de productos requerida	Aumente debido a que la demanda del producto se vuelve más desagregada
Incremento del número de canales a través de los cuales puede ser adquirido el producto	Aumente debido a que la demanda total de los clientes está desagregada entre muchos canales
Incremento en la tasa de innovación	Aumente debido a que los nuevos productos tienden a tener una demanda más incierta
Incremento en el nivel de servicio requerido	Aumente debido a que la compañía ahora tiene que manejar incrementos inusuales en la demanda

TABLA 2-2 Correlación entre la incertidumbre implícita de la demanda y otros atributos

	Incertidumbre implícita baja	*Incertidumbre implícita alta*
Margen del producto	Baja	Alta
Error promedio de pronóstico	10%	40% a 100%
Tasa promedio de desabasto	1% a 2%	10% a 40%
Rebaja forzada promedio de fin de temporada	0%	10% a 25%

Fuente: Adaptado de Marshall L. Fisher, "What Is the Right Supply Chain for Your Product?", *Harvard Business Review,* marzo-abril de 1997, pp. 83-93.

Fisher (1997) señaló que la incertidumbre implícita de la demanda a menudo se correlaciona con otras características de la demanda, como se muestra en la tabla 2-2. A continuación, la explicación.

1. Los productos con demanda incierta suelen ser menos maduros y tienen menos competencia directa. Como resultado, los márgenes tienden a ser altos.
2. El pronóstico es más preciso cuando la demanda es menos incierta.
3. Un aumento en la incertidumbre implícita de la demanda incrementa la dificultad en igualar la oferta con la demanda. Para un producto dado, esta dinámica puede llevar a una situación de desabasto o de excedentes de inventario. Esto nos conduce tanto a una tasa alta de excedentes como de faltantes.
4. Las rebajas son mayores para productos con una alta incertidumbre implícita de la demanda ya que provocan un exceso de oferta.

Primero, tomemos un ejemplo de un producto con una baja incertidumbre implícita de la demanda, como la sal de mesa. Ésta tiene un margen muy bajo, pronósticos de la demanda precisos, tasas de desabasto bajas y prácticamente carece de rebajas. Estas características corresponden a las de la tabla de Fisher para productos con alta certidumbre en la demanda.

En el otro lado del espectro, una nueva computadora palmtop tiene una incertidumbre implícita de la demanda alta. Probablemente tendrá un margen alto, pronósticos imprecisos de la demanda, altas tasas de desabasto (si es exitosa) y grandes rebajas (si fracasa). Esto también se acopla bien con la tabla 2-2.

Otro ejemplo es el proveedor de tarjetas de circuitos entre cuyos clientes están dos tipos diferentes de fabricantes de PC. Uno de ellos es un fabricante de PC que produce por pedido, como Dell, y que requiere tiempos de entrega del mismo día. En este caso, el proveedor tal vez necesite acumular inventario o tener una manufactura muy flexible para estar preparado para la demanda que Dell tenga ese día. Su error de pronóstico y sus inventarios serían altos; debido a estos factores, es probable que los márgenes sean más altos. El otro cliente del proveedor construye una pequeña variedad de PC y especifica por adelantado el número y el tipo de las computadoras que fabricará. Esta información le da al proveedor un tiempo de entrega más largo y reduce los errores de pronóstico y de inventario. Por tanto, es probable que el proveedor obtenga márgenes más reducidos de este último fabricante de computadoras. Estos ejemplos demuestran que incluso con el mismo producto, dados los distintos requerimientos de servicio, los diferentes segmentos de clientes pueden tener una incertidumbre implícita de la demanda distinta.

Lee (2002) señaló que, al igual que la incertidumbre de la demanda, es importante considerar la incertidumbre resultante de la capacidad de la cadena de suministro. Por ejemplo, cuando se introduce un nuevo componente a la industria de las computadoras personales, el rendimiento de la calidad de los procesos de producción tiende a ser bajo y las descomposturas son frecuentes. De este modo, las compañías tienen dificultad para entregar de acuerdo con un programa bien definido, lo que da como resultado una alta incertidumbre de la oferta para los fabricantes de computadoras personales. Conforme la tecnología de producción madura y el rendimiento

TABLA 2-3 Impacto de la capacidad de la fuente de suministro sobre la incertidumbre de la oferta

Capacidad de la fuente de suministro	*Causa que la incertidumbre de la oferta…*
Descomposturas frecuentes	Aumente
Rendimientos impredecibles y bajos	Aumente
Calidad deficiente	Aumente
Capacidad de oferta limitada	Aumente
Capacidad de oferta inflexible	Aumente
Procesos de producción en evolución	Aumente

Fuente: Adaptado de Hau L. Lee, "Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties", *California Management Review,* primavera de 2002, pp. 105-119.

mejora, las compañías son capaces de seguir un programa de entregas fijo, lo que propicia una baja incertidumbre de la oferta. La tabla 2-3 ilustra cómo diversas características de las fuentes de suministro afectan la incertidumbre de la oferta.

También, la incertidumbre de la oferta se ve afectada sobremanera por la posición del ciclo de vida del producto. Los nuevos productos que se introducen tienen mayor incertidumbre de la oferta ya que los procesos de diseño y producción están evolucionando todavía. En contraste, los productos maduros tienen menos incertidumbre de la oferta.

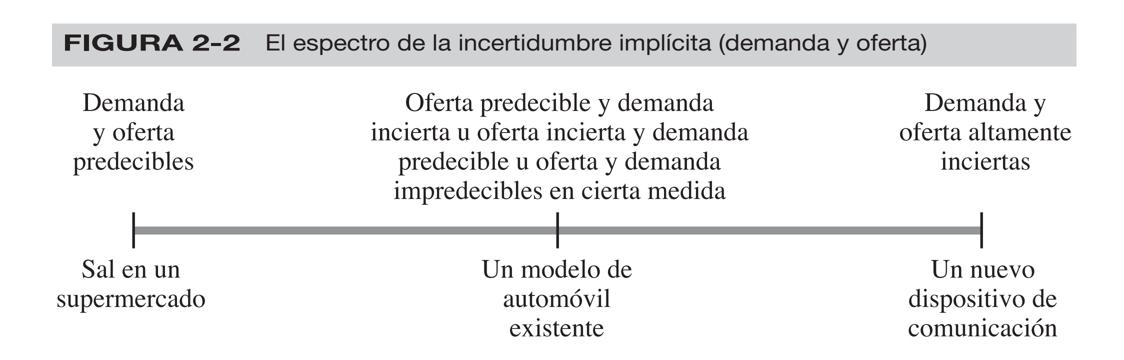
Podemos crear un espectro de incertidumbre que combine la incertidumbre de la demanda y de la oferta. Este espectro se muestra en la figura 2-2.

Una compañía que introduce una nueva marca de teléfono móvil usando sólo componentes y tecnología nuevos enfrenta una alta incertidumbre implícita de la demanda y una alta incertidumbre de la oferta. Como resultado, la incertidumbre implícita que enfrenta la cadena de suministro es muy alta. En contraste, un supermercado que vende sal enfrenta una incertidumbre implícita de la demanda muy baja y bajos niveles de incertidumbre de la oferta, lo que produce baja incertidumbre implícita. Muchos productos agrícolas como el café son ejemplos donde las cadenas de suministro enfrentan bajos niveles de incertidumbre implícita de la demanda, pero una alta incertidumbre de la oferta debido al clima. Por tanto, la cadena de suministro tiene que enfrentar un nivel intermedio de incertidumbre implícita.

Diversos factores contribuyen al riesgo en varias partes de la cadena de suministro y, por tanto, aumentan la incertidumbre. A lo largo de este libro observaremos los riesgos particulares y discutiremos algunas formas de mitigarlos.

PUNTO CLAVE El primer paso para lograr el ajuste estratégico entre la estrategia competitiva y la de cadena de suministro es entender a los clientes y la incertidumbre de la cadena de suministro. La incertidumbre proveniente de los clientes y la cadena pueden combinarse y ubicarse en el espectro de la incertidumbre.

FIGURA 2-2 El espectro de la incertidumbre implícita (demanda y oferta)



Paso 2: Entender las capacidades de la cadena de suministro

Después de entender la incertidumbre que enfrenta la compañía, la siguiente pregunta es: ¿de qué manera la empresa satisface mejor la demanda en un ambiente de incertidumbre? La creación del ajuste estratégico consiste en formular la estrategia de cadena de suministro que cubra mejor la demanda que una compañía ha proyectado, dada la incertidumbre que enfrenta.

Ahora consideraremos las características de la cadena de suministro y las clasificaremos. De igual manera que hemos colocado la demanda en un espectro unidimensional (el espectro de la incertidumbre implícita), también pondremos cada cadena en un espectro. Al igual que las necesidades del cliente, las cadenas de suministro poseen muchas características diferentes que influyen en su capacidad de respuesta y en la eficiencia.

Primero proporcionaremos algunas definiciones. La *capacidad de respuesta* (responsiveness) *de la cadena de suministro* incluye su habilidad de hacer lo siguiente:

- Responder a amplios rangos de cantidades demandadas
- Cumplir con cortos periodos de entrega
- Manejar una gran variedad de productos
- Construir productos altamente innovadores
- Cumplir con alto nivel de servicio
- Manejar la incertidumbre de la oferta

Estas capacidades son similares a muchas de las características de la demanda y la oferta que llevan a una incertidumbre implícita alta. Mientras más capacidades tenga la cadena de suministro, tanto más capaz de responder será.

La capacidad de respuesta, sin embargo, trae consigo un costo. Por ejemplo, para responder a un rango más amplio de cantidades demandadas, debe aumentarse la capacidad, la cual eleva los costos. Este incremento lleva a una segunda definición: la *eficiencia de la cadena de suministro* es inversa al costo de fabricar y entregar un producto al cliente. El incremento en los costos disminuye la eficiencia. Por cada opción estratégica seleccionada para aumentar la capacidad de respuesta, hay costos adicionales que disminuyen la eficiencia.

La *frontera eficiente costo-capacidad de respuesta* está dada por la curva de la figura 2-3 que muestra el menor costo posible para un nivel dado de capacidad de respuesta. El costo más bajo se define con base en la tecnología existente; no todas las compañías son capaces de operar en la frontera eficiente. Ésta representa el desempeño costo-capacidad de respuesta de las mejores cadenas de suministro. Una compañía que no está en la frontera eficiente puede mejorar

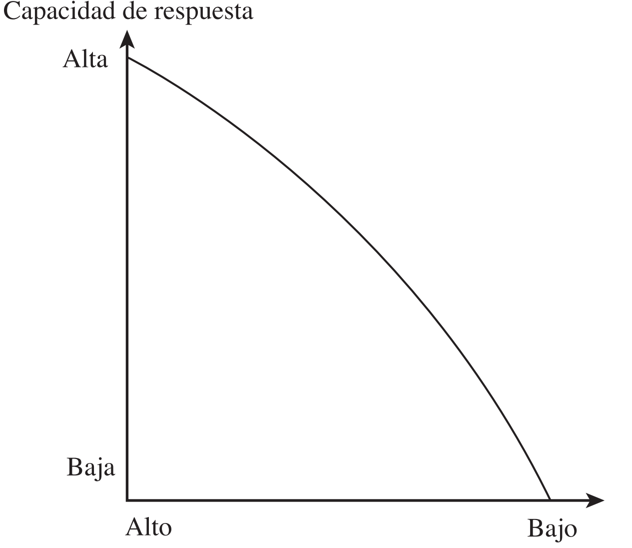
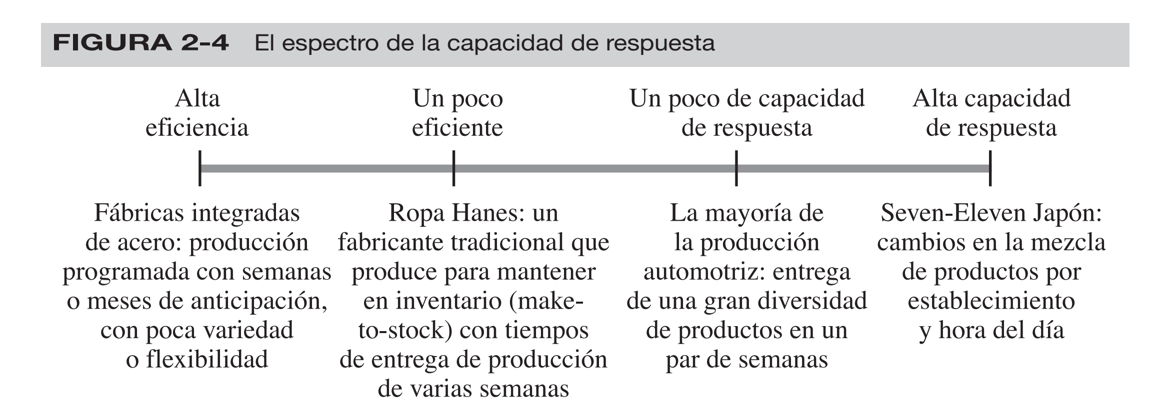


FIGURA 2-3
Frontera eficiente costo-capacidad de respuesta

FIGURA 2-4 El espectro de la capacidad de respuesta



tanto su capacidad de respuesta como el desempeño de su costo al moverse hacia la frontera eficiente. En comparación, una que está sobre ella puede mejorar su capacidad de respuesta sólo mediante el incremento del costo y volviéndose menos eficiente. Tal compañía debe establecer un equilibrio entre la eficiencia y la capacidad de respuesta. Por supuesto, las empresas que están sobre la frontera eficiente mejoran continuamente sus procesos y cambian la tecnología para modificar la propia frontera. Establecido el equilibrio entre el costo y la capacidad de respuesta, la decisión estratégica clave para cualquier cadena de suministro es el nivel de capacidad de respuesta que busca proporcionar.

Las cadenas de suministro varían desde aquellas que se enfocan sólo en ser capaces de responder hasta aquellas que centran su atención en la meta de producir y suministrar al menor costo posible. La figura 2-4 muestra el espectro de la capacidad de respuesta y el lugar donde se clasifican algunas cadenas de suministro.

Mientras más capacidades constitutivas de la capacidad de respuesta tenga una cadena de suministro, más sensible para responder será. Seven-Eleven Japón reabastece sus tiendas por la mañana con artículos para desayunar, a medio día para almorzar y en la noche para cenar. Como resultado, la variedad de productos disponibles cambia con el devenir del día. Seven-Eleven responde con mucha rapidez a los pedidos; sus gerentes de tienda colocan órdenes de reabastecimiento con menos de 12 horas de anticipación. Esta práctica la hace una cadena de suministro con una alta capacidad para responder. La cadena de suministro de Dell le permite al cliente personalizar cualquiera de los miles de configuraciones de computadoras personales. Luego, se le entrega al cliente la PC apropiada en cuestión de días. Esta cadena también se considera muy sensible para responder. Otro ejemplo de este tipo de cadena es la de W.W. Grainger. La compañía enfrenta incertidumbre tanto de la demanda como de la oferta; por tanto, la cadena de suministro se ha diseñado para manejar ambas de manera eficaz. En contraste, una cadena de suministro eficiente disminuye el costo al eliminar algunas de sus capacidades de respuesta. Por ejemplo, Sam's Club vende una variedad limitada de productos en paquetes de gran tamaño. La cadena de suministro es capaz de bajar los costos, y su enfoque es, sin lugar a dudas, la eficiencia.

> **PUNTO CLAVE** El segundo paso para lograr el ajuste estratégico entre la estrategia competitiva y la de la cadena de suministro es entender la cadena y ubicarla en el espectro de la capacidad de respuesta.

Paso 3: Lograr el ajuste estratégico

Después de trazar el nivel de la incertidumbre implícita y entender la posición de la cadena de suministro en el espectro de la capacidad de respuesta, el tercer y último paso es asegurar que el grado de ésta corresponda a la incertidumbre implícita. La meta es apuntar a una alta capacidad de respuesta para una cadena de suministro que enfrenta una alta incertidumbre implícita y a la eficiencia para una que enfrenta baja incertidumbre implícita.

Por ejemplo, la estrategia competitiva de Dell se dirige a los clientes que conceden un alto valor al hecho de recibir sus computadoras personalizadas en pocos días. Dados la gran variedad de PC, el alto nivel de innovación y la entrega rápida, la demanda de sus clientes se caracteriza por una incertidumbre alta de la demanda. Existe cierta incertidumbre de la oferta, en especial para componentes de introducción reciente. Dell tiene la opción de diseñar una cadena de suministro eficiente o con capacidad de respuesta. Una cadena de suministro eficiente puede usar medios de transporte lentos y baratos, y economías de escala en la producción. Si Dell tomara estas opciones, sería difícil responder al deseo de los clientes de una entrega rápida y una amplia variedad de productos personalizados. Construir una cadena de suministro con capacidad de respuesta, sin embargo, permitirá a Dell satisfacer las necesidades de los compradores. Por tanto, una estrategia de la cadena de suministro con capacidad de respuesta le es más apropiada para satisfacer las necesidades de sus clientes objetivo.

Ahora, consideremos un fabricante de pastas como Barilla. La pasta es un producto con una demanda del cliente relativamente estable, lo que le da una baja incertidumbre implícita de la demanda. La oferta también es bastante predecible. Barilla podría diseñar una cadena de suministro con una alta capacidad de respuesta en la cual la pasta fuera hecha a la medida en lotes pequeños en respuesta a los pedidos del cliente y enviada por un medio de transporte rápido como FedEx. Es obvio que esta opción haría prohibitivamente costosa la pasta, con lo cual perdería clientes. Barilla, por tanto, estaría en una mejor posición si diseñara una cadena de suministro más eficiente con un enfoque en la reducción de costos.

Del análisis anterior se desprende que cuando existe una mayor incertidumbre implícita de los clientes y fuentes de suministro, el mejor camino para atenderla consiste en incrementar la capacidad de respuesta de la cadena de suministro. Esta relación se representa mediante la "zona de ajuste estratégico" que se ilustra en la figura 2-5. Para un nivel alto de desempeño, las compañías deberán mover su estrategia competitiva (y la incertidumbre implícita resultante) y la estrategia de la cadena de suministro (y la capacidad de respuesta resultante) hacia la zona de ajuste estratégico.

El primer paso para lograr el ajuste estratégico es asignar papeles a las diferentes etapas de la cadena de suministro que aseguren un nivel apropiado de capacidad de respuesta. Es importante entender que el nivel que se requiere a lo largo de la cadena se logra al asignar diferentes niveles de capacidad de respuesta y eficiencia en cada una de sus etapas, como se ilustra en los siguientes ejemplos.

IKEA es un vendedor sueco de muebles con grandes tiendas en más de 20 países. Se ha enfocado en los clientes que desean muebles estilizados a precios razonables. La compañía limita la variedad de los estilos que vende. La gran escala de cada tienda y la variedad limitada reduce la incertidumbre implícita que enfrenta la cadena de suministro. IKEA mantiene un inventario de todos los estilos con el que satisface a sus clientes. Por tanto, lo emplea para absorber toda la incertidumbre que la cadena debe enfrentar. La presencia de inventario en las tiendas IKEA

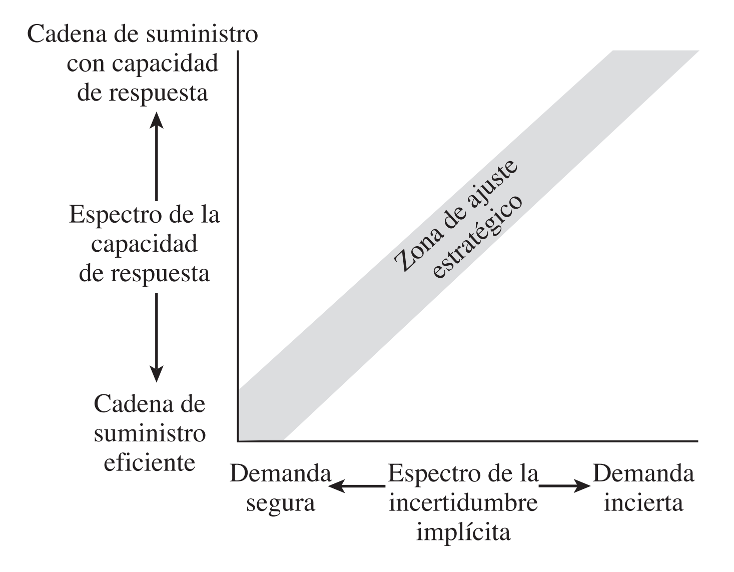


FIGURA 2-5
Encontrar la zona de ajuste estratégico

permite que las órdenes de reabastecimiento a sus fabricantes sean más estables y predecibles. Como resultado, IKEA traslada a sus fabricantes muy poca incertidumbre, los cuales tienden a estar ubicados en países de bajo costo y a enfocarse en la eficiencia. Asimismo, IKEA proporciona capacidad de respuesta en la cadena de suministro al permitir que las tiendas absorban la mayor parte de la incertidumbre y sean sensibles para responder, mientras que los proveedores absorben muy poca incertidumbre y son eficientes.

En contraste, otro enfoque de la capacidad de respuesta podría implicar que el vendedor mantuviera poco inventario. En este caso, el vendedor no contribuye en forma significativa a la capacidad de respuesta de la cadena de suministro, de modo que la incertidumbre implícita se traslada, en su mayor parte, al fabricante. Éste necesita ahora ser flexible y tener bajos tiempos de respuesta, a fin de que la cadena sea capaz de responder. Un ejemplo de este enfoque es England, Inc., un fabricante de muebles ubicado en Tennessee. Cada semana, la compañía fabrica varios miles de sofás y sillones sobre pedido y los entrega a tiendas de muebles a lo largo de Estados Unidos en menos de tres semanas. Los vendedores de England permiten a los clientes seleccionar entre una amplia variedad de estilos y les prometen una entrega relativamente rápida. Esto impone un alto nivel de incertidumbre implícita en la cadena de suministro. Sin embargo, los vendedores no tienen mucho inventario y trasladan la mayor parte de la incertidumbre a England, Inc. Así, pueden ser eficientes debido a que England, Inc. absorbe la mayor parte de la incertidumbre implícita, con sus procesos de manufactura flexible. La propia compañía England, Inc. puede decidir el nivel de incertidumbre implícita que transfiere a sus proveedores. Al mantener más inventarios de materia prima, les permite enfocarse en la eficiencia. Si los disminuye, aquéllos deben volverse más sensibles para responder.

El análisis anterior ilustra que la cadena de suministro puede lograr un nivel de capacidad de respuesta dado mediante el ajuste de los papeles de cada una de sus etapas. Hacer una etapa con más capacidad de respuesta permite a las otras enfocarse en ser más eficientes. La mejor combinación de los papeles depende de la eficiencia y flexibilidad disponibles en cada etapa. La noción de lograr un nivel dado de capacidad de respuesta al asignar diferentes papeles y niveles de incertidumbre a diferentes etapas de la cadena de suministro se ilustra en la figura 2-6. Ésta muestra dos cadenas de suministro que enfrentan la misma incertidumbre implícita, pero

FIGURA 2-6 Diferentes papeles y asignaciones de la incertidumbre implícita para un nivel dado de capacidad de respuesta de la cadena de suministro

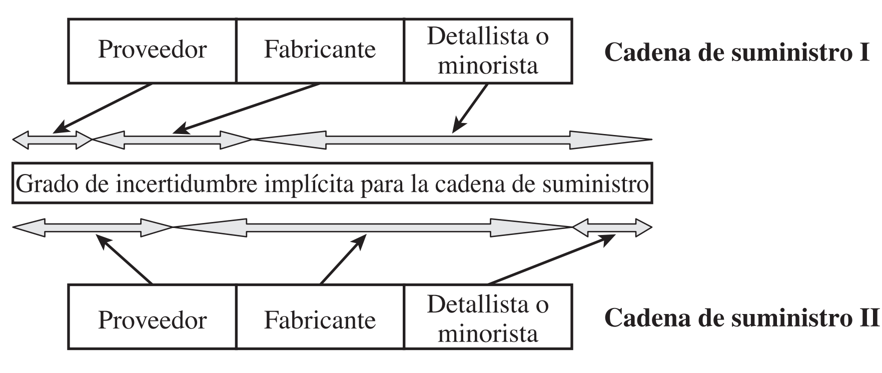
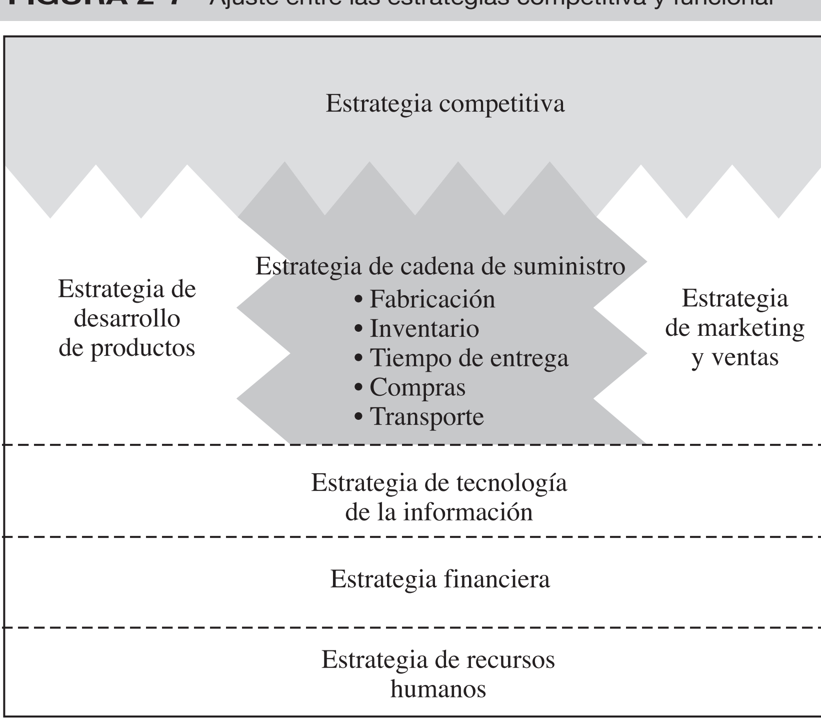


FIGURA 2-7 Ajuste entre las estrategias competitiva y funcional



logran el nivel deseado de capacidad de respuesta con diferentes asignaciones de incertidumbre y capacidad de respuesta a lo largo de la cadena de suministro. La cadena de suministro I tiene un minorista muy sensible para responder que absorbe la mayor parte de la incertidumbre, permitiendo (en realidad requiriendo) que el fabricante y el proveedor sean eficientes. La cadena de suministro II, en contraste, tiene un fabricante muy sensible para responder que absorbe la mayor parte de la incertidumbre, permitiendo que las otras etapas se enfoquen en la eficiencia.

Para lograr un ajuste estratégico completo, la compañía debe asegurarse de que todas sus funciones mantengan estrategias consistentes que apoyen la estrategia competitiva, como se muestra en la figura 2-7. Todas deben apoyar las metas de la estrategia competitiva. También, todas las subestrategias dentro de la cadena de suministro, como fabricación, inventario y compras, deben ser también consistentes con el nivel de capacidad de respuesta de la cadena de suministro.

De este modo, las compañías con diferentes ubicaciones a lo largo del espectro de la capacidad de respuesta deben tener diferentes diseños de cadena de suministro y distintas estrategias funcionales que apoyen su capacidad de respuesta. En el capítulo 4 analizamos el impacto del diseño de la cadena de suministro sobre el nivel de capacidad de respuesta. La tabla 2-4 enumera algunas de estas grandes diferencias en la estrategia funcional entre las cadenas de suministro que son eficientes y aquellas que son capaces de responder.

PUNTO CLAVE El paso final para lograr un ajuste estratégico es correlacionar la capacidad de respuesta de la cadena de suministro con la incertidumbre implícita de la oferta y la demanda. El diseño de la cadena y todas las estrategias funcionales dentro de la compañía deben también apoyar el nivel de capacidad de respuesta de la cadena de suministro.

Cambiar las estrategias para lograr el ajuste estratégico podría parecer muy fácil, pero en realidad es algo bastante difícil. En los capítulos posteriores, hablaremos de los

TABLA 2-4 Comparación entre las cadenas de suministro eficientes y con capacidad para responder

	Cadenas de suministro eficientes	*Cadenas de suministro con capacidad para responder*
Meta principal	Demanda del suministro a bajo costo	Responder rápidamente a la demanda
Estrategia de diseño de productos	Maximizar el desempeño a un costo mínimo de producto	Crear modularidad para permitir el aplazamiento de la diferenciación de los productos
Estrategia de asignación de precios	Márgenes bajos debido a que el precio es la directriz principal del cliente	Márgenes altos debido a que el precio no es la directriz primaria del cliente
Estrategia de manufactura	Costos bajos a través de una utilización alta	Mantener flexible la capacidad para amortiguar la incertidumbre de la demanda/oferta
Estrategia de inventario	Minimizar inventario para reducir el costo	Mantener *inventario de reserva* para hacer frente a la incertidumbre de la demanda y la oferta
Estrategia de tiempo de entrega	Reducir, pero no a expensas de los costos	Reducir dinámicamente, incluso si los costos son significativos
Estrategia del proveedor	Seleccionar con base en el costo y la calidad	Seleccionar con base en la velocidad, flexibilidad, confiabilidad y calidad

Fuente: Adaptado de Marshall L. Fischer, "What Is the Right Supply Chain for Your Product?", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1997, pp. 83-93.

muchos obstáculos para lograrlo. Por ahora, los puntos importantes a recordar son los siguientes.

1. *No* hay una estrategia de cadena de suministro que sea siempre la correcta.
2. Para una estrategia competitiva establecida *existe* una estrategia de cadena de suministro correcta.

La dirección del ajuste estratégico debe provenir de los niveles superiores de la organización. En muchas compañías, los diversos grupos formulan las estrategias competitivas y funcionales. Sin una comunicación adecuada entre los grupos y la coordinación por parte de la administración de alto nivel, como el CEO, estas estrategias probablemente no logren el ajuste estratégico. Para muchas compañías, no lograrlo es la razón clave de su incapacidad de tener éxito.

OTROS TEMAS QUE AFECTAN EL AJUSTE ESTRATÉGICO

Nuestra discusión anterior se enfocó en lograr el ajuste estratégico cuando una compañía atiende a un segmento de mercado en particular, y el resultado es una posición estratégica bien definida. Ahora consideramos de qué manera múltiples productos, múltiples segmentos de clientes y el ciclo de vida del producto afectan el ajuste estratégico.

Múltiples productos y segmentos de clientes

La mayoría de las compañías producen y venden diversos productos a múltiples segmentos de clientes, cada uno con características diferentes. Una tienda departamental puede vender productos de temporada con una alta incertidumbre implícita de la demanda, como abrigos de esquiar, junto con productos de baja incertidumbre implícita de la demanda, como calcetines negros. La demanda en cada caso se ubica en una parte diferente del espectro de la incertidumbre. W.W. Grainger vende productos de MRO (mantenimiento, reparación y operación) tanto a compañías como Ford y Boeing como a pequeños fabricantes y contratistas. Las necesidades del cliente en los dos casos son muy diferentes. Las compañías grandes se preocupan por el precio, dados los grandes volúmenes que le generan a W.W. Grainger, mientras que las pequeñas recurren a ésta porque tiene capacidad de respuesta. Los dos segmentos atendidos se ubican en diferentes posiciones a lo largo del espectro de la incertidumbre implícita. Otro ejemplo es Levi Strauss,

quien lo mismo vende jeans fabricados a la medida como de medidas estándares. La demanda de estos últimos tiene una incertidumbre de la demanda más baja que la de los primeros.

En cada uno de los ejemplos mencionados, los productos vendidos y el segmento de clientes atendido tienen diferentes incertidumbres implícitas de la demanda. Cuando se concibe la estrategia de una cadena de suministro de este tipo, el punto clave para la compañía es diseñar una cadena que equilibre la eficiencia y la capacidad de respuesta, dado su portafolio de productos, los segmentos de clientes y las fuentes de suministro.

Existen diversas rutas posibles que una compañía puede tomar para lograr este equilibrio. Una es establecer cadenas de suministro independientes para cada diferente producto o segmento de clientes. Esta estrategia es viable si cada segmento es lo suficientemente grande para apoyar una cadena dedicada. Sin embargo, no sirve para aprovechar las economías de alcance que con frecuencia existen entre los diferentes productos de la compañía. Por tanto, una estrategia preferible es adaptar la cadena para satisfacer mejor las necesidades de la demanda de cada producto.

Personalizar la cadena de suministro requiere compartir algunos de sus vínculos con algunos productos, mientras que separa las operaciones de otros. Los vínculos se comparten para lograr la máxima eficiencia posible al tiempo que se proporciona el nivel adecuado de capacidad de respuesta a cada segmento. Por ejemplo, todos los productos pueden fabricarse en la misma línea de la planta, pero aquellos que requieran una alta capacidad de respuesta podrán ser embarcados utilizando un medio de transporte rápido como FedEx. Los productos que no tienen necesidad de una alta capacidad de respuesta pueden ser enviados por medios más lentos y baratos como camión, tren o incluso barco. En otros casos, los que demanden una alta capacidad de respuesta pueden ser fabricados utilizando un proceso muy flexible, mientas que aquellos que requieran menos capacidad de respuesta pueden ser fabricados utilizando un proceso menos sensible para responder pero más eficiente. Sin embargo, el método de transportación que se emplea en ambos casos pudiera ser el mismo. En otros casos, algunos productos podrían resguardarse en almacenes regionales cercanos al cliente mientras que otros podrían mantenerse en un almacén centralizado lejos del cliente. W.W. Grainger mantiene artículos de rápida rotación en sus almacenes descentralizados, cerca del cliente. En cambio, mantiene los artículos que tienen poco movimiento y alta incertidumbre implícita de la demanda en un almacén centralizado. Personalizar de forma apropiada la cadena de suministro ayuda a una compañía a lograr diversos niveles de capacidad de respuesta para un costo total bajo. El nivel de capacidad de respuesta se adapta a cada producto o segmento del cliente. La adaptación (*personalización*) de la cadena de suministro es un concepto importante que desarrollaremos en capítulos subsecuentes.

Ciclo de vida del producto

Conforme los productos pasan a través de su ciclo de vida, las características de la demanda y las necesidades de los segmentos de clientes que atiende cambiarán. Las características de la oferta también se modifican conforme el producto y las tecnologías de producción maduran. Los productos de alta tecnología son particularmente propensos a estos cambios en el ciclo de vida en un corto tiempo. Un producto pasa por la fase introductoria de su ciclo de vida cuando sólo los clientes vanguardistas están interesados y la oferta es incierta, hasta el punto en el que se vuelve un producto de consumo, el mercado se satura y la oferta es predecible. Por lo tanto, si una compañía va a mantener un ajuste estratégico, su estrategia de la cadena de suministro debe evolucionar conforme los productos entran en las diferentes fases.

Consideremos los cambios en las características de la demanda y la oferta en el ciclo de vida de un producto. Hacia las etapas iniciales del ciclo de vida del producto:

1. La demanda es muy incierta y la oferta puede ser impredecible.
2. Los márgenes suelen ser muy altos y el tiempo es crucial para lograr ventas.
3. La disponibilidad del producto es decisiva para captar el mercado.
4. El costo con frecuencia es una consideración secundaria.

Considere una compañía farmacéutica que introduce un nuevo medicamento. La demanda inicial de éste es altamente incierta, los márgenes son típicamente muy altos y la disponibilidad

del producto es clave para captar la participación de mercado. La fase introductoria del ciclo de vida de un producto corresponde a una alta incertidumbre implícita dadas la alta incertidumbre de la demanda y la necesidad de un alto nivel de disponibilidad de producto. En tal situación, la capacidad de respuesta es la característica más importante de la cadena de suministro.

Conforme el producto se vuelve un bien de consumo, más adelante en su ciclo de vida, cambian las características de la oferta y la demanda. En esta etapa, se da el caso de que:

1. La demanda se vuelve más segura y la oferta más predecible.
2. Los márgenes son más bajos debido a un incremento en la presión competitiva.
3. El precio se vuelve un factor significativo en la elección del cliente.

En el caso de una compañía farmacéutica, estos cambios ocurren cuando la patente del medicamento expira y se introducen los genéricos. En esta etapa, la demanda del medicamento se estabiliza y los márgenes se reducen. Los clientes hacen sus selecciones a partir de varias opciones con base en el precio. Las tecnologías de producción están bien desarrolladas y la oferta es predecible. Esta etapa corresponde a un bajo nivel en la incertidumbre implícita. Como resultado, la cadena de suministro necesita cambiar y la eficiencia es su característica más importante.

Este análisis ilustra que a medida que los productos maduran, la estrategia correspondiente de la cadena de suministro debe pasar, en general, de ser capaz de responder a ser eficiente, como se puede ver en la figura 2-8.

Para ilustrar estas ideas, considere el ejemplo de Intel Corporation. Cada vez que Intel introduce un nuevo procesador para computadora, existe una gran incertidumbre respecto a la demanda de éste, a medida que depende de las ventas de nuevas computadoras. En general, existe una alta incertidumbre respecto a cómo el mercado recibirá estas PC y cuál será su demanda. La oferta es impredecible ya que el rendimiento es bajo y variable. En esta etapa, la cadena de suministro de Intel debe ser muy sensible para responder de manera que pueda reaccionar, si la demanda es muy alta.

A medida que el procesador de Intel se vuelve más dominante, la demanda empieza a estabilizarse, y el rendimiento del proceso de producción es más alto y predecible. En este punto, la demanda y la oferta muestran una incertidumbre implícita baja y el precio se vuelve un mayor determinante de las ventas. Ahora es importante para Intel tener una cadena de suministro eficiente que funcione para producir los procesadores.

Todos los fabricantes de computadoras personales están sujetos al ciclo de vida descrito previamente. Cuando un nuevo modelo se introduce, los márgenes son altos, pero la demanda es altamente incierta. En tal situación, la cadena de suministro con capacidad de respuesta

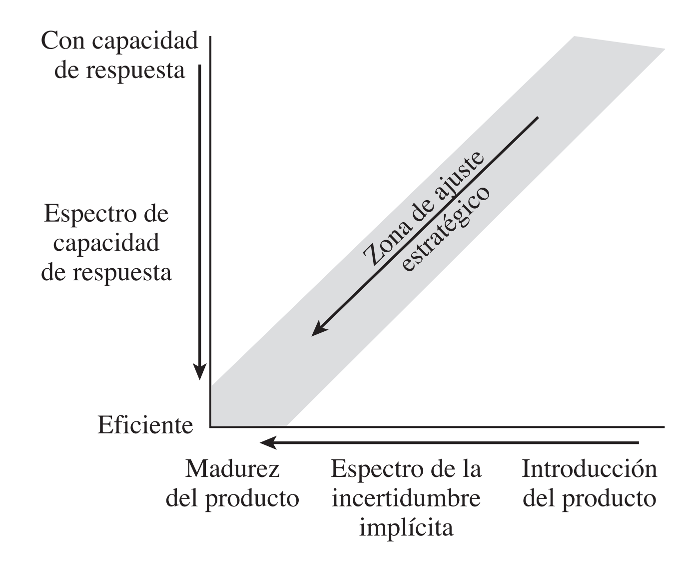


FIGURA 2-8
Cambios en la estrategia de la cadena de suministro en el ciclo de vida de un producto

sirve mejor al fabricante. Conforme el modelo madura, la demanda se estabiliza y los márgenes se reducen. En esta etapa, es muy importante que el fabricante tenga una cadena eficiente. Apple Computer es un ejemplo de una compañía que ha tenido dificultades durante la introducción del producto. Cuando introdujo la G4 en 1999, la demanda de ésta superó en mucho la oferta de procesadores disponibles, lo que dio como resultado una pérdida significativa de ventas. En este caso, la cadena de suministro no mostró suficiente capacidad de respuesta durante la fase introductoria del producto.

El punto clave aquí es que las características de la demanda y la oferta cambian a lo largo del ciclo de vida del producto, por lo que la cadena debe cambiar también si la compañía pretende lograr un ajuste estratégico.

Globalización y cambios competitivos a través del tiempo

Una última dimensión a considerar cuando se ajusta la cadena de suministro y la estrategia competitiva es el cambio en el comportamiento del competidor como resultado de los cambios en el mercado o de una globalización cada vez mayor. Así como en los ciclos de vida de los productos, los competidores cambian el panorama, de modo que requieran un cambio en la estrategia competitiva de la compañía. Un ejemplo es el crecimiento de la personalización masiva en varias industrias en la última década del siglo XX. En la medida en que los competidores inundan el mercado con una variedad de productos, los clientes se van acostumbrando a tener satisfechas sus necesidades individuales. De esta manera, el enfoque competitivo en la actualidad está en producir suficiente variedad a precio razonable. Conforme más compañías incrementan el nivel de variedad ofrecido, las cadenas de suministro se han visto forzadas a desarrollar la habilidad de apoyar una variedad más amplia de productos. Otro gran cambio es el incremento en el aprovisionamiento global de productos. La disponibilidad de un sillón reclinable de piel fabricado en China que se vende en Wal-Mart a 199 dólares ha puesto presión en los fabricantes de Estados Unidos para volverse más sensibles para responder de lo que fueron en el pasado. Los fabricantes exitosos de muebles en ese país han respondido ofreciendo una suficiente variedad para hacer de la opción una ventaja, al tiempo que acortan el periodo de respuesta y mantienen bajos los precios. Presiones similares de la globalización se están sintiendo en el sector de la ropa con el fin de las cuotas, y las compañías locales en países desarrollados se han visto forzadas a responder. En la medida que el panorama competitivo cambia, las empresas se ven obligadas a modificar su estrategia competitiva. Con este cambio, las compañías deben también cambiar la estrategia de la cadena de suministro para mantener el ajuste estratégico.

PUNTO CLAVE Para lograr el ajuste estratégico, la firma debe adaptar su cadena de suministro a fin de satisfacer mejor las necesidades de los diferentes segmentos de clientes. Para mantener su ajuste estratégico, la estrategia de la cadena debe ajustarse durante el ciclo de vida de un producto y conforme cambia el panorama competitivo.

En la siguiente sección describimos cómo el alcance de la cadena de suministro se expande cuando logra el ajuste estratégico. También analizamos por qué expandir el alcance del ajuste estratégico es crítico para el éxito de la cadena de suministro.

2.3 EXPANSIÓN DEL ALCANCE ESTRATÉGICO

Un tema clave relacionado con el ajuste estratégico es el alcance, en términos de las etapas de la cadena de suministro, a través de las cuales se aplica el ajuste estratégico. El *alcance del ajuste estratético* se refiere a las funciones dentro de la compañía y a las etapas a lo largo de la cadena que crean una estrategia integrada con un objetivo compartido. En un extremo, toda operación dentro de cada área funcional concibe su propia estrategia independiente, con el objetivo de

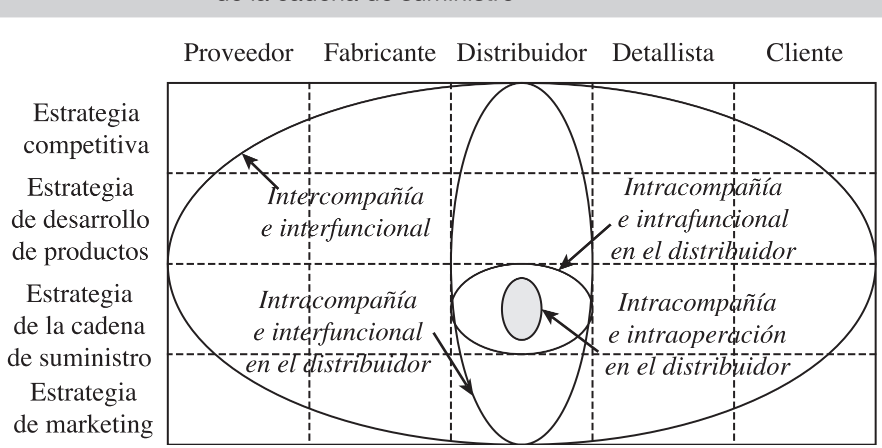
optimizar su desempeño individual. En este caso el alcance del ajuste estratégico está restringido a una operación en un área funcional dentro de una etapa de la cadena. En el extremo opuesto, todas las áreas funcionales de todas las etapas de la cadena de suministro idean una estrategia conjunta con el objetivo común de maximizar las utilidades de la misma. En este caso el alcance del ajuste estratégico se extiende a toda la cadena de suministro.

En esta sección analizamos cómo la expansión del alcance del ajuste estratégico mejora el desempeño de la cadena de suministro. Tal alcance lo representamos en una cuadrícula bidimensional. Horizontalmente, el alcance del ajuste estratégico se considera a través de diferentes etapas de la cadena, comenzando con los proveedores, moviéndose a lo largo de la cadena hasta el cliente. Verticalmente, el alcance se aplica al ajuste alcanzado a través de diferentes estrategias funcionales, tales como competencia, desarrollo de productos, cadena de suministro y marketing.

ALCANCE INTRAOPERACIÓN INTRACOMPAÑÍA: EL ENFOQUE DE MINIMIZAR EL COSTO LOCAL

El alcance más limitado sobre el cual se considera el ajuste estratégico es una operación dentro de un área funcional en el interior de una compañía. A esto se le denomina *alcance intraoperacion intracompañía*. Aquí, cada operación dentro de cada etapa de la cadena de suministro idea una estrategia de manera independiente. En tal entorno, el conjunto resultante de estrategias no se acercará a maximizar la utilidad de la cadena, ya que las diferentes funciones y operaciones tendrán objetivos locales en conflicto. Este alcance limitado fue la práctica dominante durante la década de los cincuenta y sesenta del siglo XX, cuando cada operación dentro de cada una de las etapas de la cadena trataba de minimizar sus propios costos. Considere el ejemplo de una compañía de distribución en la cual una operación de transporte se evalúa con base en el costo unitario promedio de envío. Enviar el producto de manera individual cuesta 5 dólares/artículo. Enviarlo en cargas completas cuesta 1 dólar/artículo. Para minimizar el costo, el grupo de transporte envía el producto en camiones llenos porque esta práctica produce el menor costo unitario de envío. Esta decisión, aunque minimiza el costo de transporte por unidad, incrementa el tiempo de respuesta y puede minar la estrategia competitiva que se basa en la capacidad de respuesta. El punto clave aquí es que la decisión de transporte fue tomada de manera independiente de las otras funciones dentro de la compañía y del resto de la cadena de suministro. En este caso, el alcance del ajuste estratégico está restringido a una porción (transporte) de la etapa del distribuidor dentro de la cadena de suministro. En este ejemplo, la elipse menor de la figura 2-9 representa el alcance del ajuste estratégico en el distribuidor.

FIGURA 2-9 Los diferentes alcances del ajuste estratégico a lo largo de la cadena de suministro



ALCANCE INTRAFUNCIONAL E INTRACOMPAÑÍA: EL ENFOQUE DE MINIMIZAR EL COSTO FUNCIONAL

Dado que muchas operaciones juntas forman una función dentro de la compañía, los gerentes reconocen la debilidad del alcance intraoperación e intracompañía. Las operaciones de la cadena de suministro incluyen fabricación, almacenaje y transportación, entre otras. Con el alcance intrafuncional e intracompañía, el ajuste estratégico se expande para abarcar todas las operaciones dentro de una función. En este caso, el gerente de almacén ya no minimiza sus costos, mientras que el gerente de transporte minimiza de manera independiente los costos de transportación. Al trabajar juntos y desarrollar una estrategia conjunta, los dos minimizan el costo funcional total.

Para continuar con el ejemplo de distribución, al aplicar el alcance intrafuncional e intracompañía, los gerentes ahora no sólo toman en cuenta los costos de transporte, sino también los de almacenamiento y otros relacionados con la cadena de suministro. Aunque la compañía ahorra 4 dólares/artículo con la transportación por carga completa, le cuesta 8 dólares/artículo adicionales debido al incremento de los costos de inventario y almacenamiento. Por lo tanto, le cuesta menos a la compañía enviar cada artículo individualmente ya que los 4 dólares extra por transportación ahorran a la compañía 8 dólares en costos relacionados con el inventario.

En este caso, el alcance del ajuste estratégico se expande a toda una función dentro de la etapa de la cadena de suministro. La figura 2-9 muestra el alcance intrafuncional e intracompañía conforme se aplica a la estrategia de la cadena de suministro en el distribuidor.

ALCANCE INTERFUNCIONAL E INTRACOMPAÑÍA: EL ENFOQUE DE MAXIMIZAR LAS UTILIDADES DE LA COMPAÑÍA

La debilidad clave del enfoque intrafuncional e intracompañía es que las diferentes funciones pueden tener objetivos en conflicto. Con el paso del tiempo, las compañías cobraron conciencia de esta debilidad porque se dieron cuenta de que, por ejemplo, marketing y ventas se enfocaban en la generación de ingresos, y manufactura y distribución se concentraban en la reducción de costos. Las medidas que las dos funciones adoptaban a menudo entraban en conflicto, y mermaban el desempeño general de la compañía. Las empresas entendieron la importancia de expandir el alcance del ajuste estratégico a lo largo de todas las funciones dentro de ellas. Con el alcance interfuncional e intracompañía, la meta es maximizar las utilidades de la compañía. Para lograrlo, todas las estrategias funcionales se desarrollan para apoyarse entre sí y a la estrategia competitiva.

¿Cómo se manifiesta este cambio? Regresemos a nuestro ejemplo. En lugar de ver sólo los costos de la cadena de suministro, la compañía deberá observar también los ingresos. Aunque ya ha decidido enviar unidades separadas para disminuir los costos de inventario, marketing quiere incrementar el inventario a fin de que aquélla pueda tomar ventaja de mayores ventas como resultado de niveles de servicio más altos. Si los ingresos y los márgenes logrados de tener más inventario superan los costos adicionales, la compañía debe proceder a incrementar el inventario. El meollo es que las decisiones tanto de operación como de marketing tienen impacto en el ingreso y en el costo. Por tanto, deben coordinarse. El alcance interfuncional e intracompañía del ajuste estratégico como se aplica al distribuidor se muestra en la figura 2-9.

ALCANCE INTERFUNCIONAL E INTERCOMPAÑÍA: EL ENFOQUE DE MAXIMIZAR EL SUPERÁVIT DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El alcance interfuncional e intracompañía del ajuste estratégico tiene dos grandes debilidades. Primero, lleva a que cada etapa de la cadena de suministro trate de maximizar sus propias ganancias, las cuales no necesariamente producen la maximización del superávit de la misma, ya que esto sólo ocurre cuando todas las etapas coordinan la estrategia en conjunto. Esto tiene lugar con el alcance interfuncional e intercompañía, en el cual todas las etapas de la cadena

coordinan la estrategia a través de todas las funciones, asegurando que juntas cumplan mejor las necesidades del cliente y maximicen el superávit de la cadena de suministro.

La segunda mayor debilidad del alcance intracompañía se observó en la década de los noventa, cuando la velocidad se volvió una directriz clave del éxito de la cadena de suministro. En la actualidad, más y más compañías tienen éxito no porque cuenten con el producto de precio más bajo, ni porque su calidad sea más alta o el producto sea de más alto desempeño, sino porque son capaces de responder con rapidez a las necesidades del mercado y llevar el producto adecuado al cliente indicado en el momento preciso. Las compañías como Zara, la tienda de ropa española, ha empleado la velocidad como su ventaja competitiva principal para tener éxito en el mercado.

Este cambio hacia la velocidad ha forzado a las compañías a preguntar qué es lo que crea el nivel de velocidad que los clientes están demandando. Cuando se examina esta pregunta, la respuesta para la mayor parte de las compañías yace en gran medida fuera de sus fronteras. Los retrasos más significativos se crean en la interfase entre las fronteras de las diferentes etapas de una cadena. Por tanto, la administración de éstas se vuelve clave para proporcionar una respuesta rápida a los clientes. El alcance intracompañía restringe la atención estratégica dentro de cada etapa de la cadena, orillando a que sean descuidadas las interfases. El alcance intercompañía fuerza a cada etapa de la cadena de suministro a mirar a lo largo de ella y a evaluar el impacto de sus acciones en otras etapas como también en las interfases. Asimismo, le permite elevar su superávit e incrementar el tamaño del pastel que todas las etapas tienen que compartir entre ellas mismas.

El alcance interfuncional e intercompañía del ajuste estratégico se muestra en la figura 2-9.

PUNTO CLAVE El alcance intercompañía del ajuste estratégico es esencial en la actualidad debido a que el campo de juego competitivo ha pasado de ser de compañía frente a compañía a cadena de suministro frente a cadena de suministro. Los socios de la cadena de suministro de una compañía bien pueden determinar el éxito de ésta, ya que la compañía se encuentra íntimamente ligada a su cadena de suministro.

Para adoptar este punto de vista se requiere que cada compañía evalué sus acciones en el contexto de toda la cadena de suministro. Esto significa tratar las etapas de la cadena de suministro que la compañía no posee como pertenecientes a ella. Por ejemplo, un tema que ha recibido gran atención de la prensa en los años recientes es la reducción del inventario. Muchas compañías se encuentran inmersas en esta lucha, ya que suponen que tener menos inventario es mejor. Esta suposición ha llevado a cambios imprudentes en la propiedad del inventario de etapa a etapa en la cadena, sin necesariamente lograr alguna reducción real del mismo. Los fabricantes sienten que si fuerzan a sus proveedores a que hagan suyas partes del inventario, no tendrán que financiarlo y, por tanto, sus costos bajarán. En muchos casos, sin embargo, los proveedores simplemente tomarán la propiedad de partes del inventario sin hacer cambio alguno en la manera de manejarlo. Debido a que mantener este inventario incrementa los costos de los proveedores, éstos se ven obligados a incrementar sus precios al fabricante o a disminuir sus márgenes. Al final, no existe un incremento real en el superávit de la cadena, ya que ésta tan sólo mueve los costos de acá para allá entre sus vínculos.

El alcance interfuncional e intercompañía propone un enfoque diferente. En lugar de sólo forzar el inventario en el proveedor, quien luego incrementa el precio, fabricante y proveedor deben trabajar juntos para reducir en realidad la cantidad de inventario que se requiere. Por ejemplo, al compartir la información de la demanda con el proveedor, el fabricante disminuye la cantidad de inventario necesario en la cadena, por tanto reduce el costo total y, con ello, incrementa el superávit de la cadena y hace más competitivas a las compañías.

Este resultado permitirá que la cadena de suministro incremente sus utilidades al compartir el superávit extra o reducir el precio transfiriendo parte de este superávit al cliente. En suma,

la cadena de suministro será más competitiva si puede lograr el alcance intercompañía del ajuste estratégico.

PUNTO CLAVE El alcance intercompañía del ajuste estratégico requiere que la empresa evalúe cada acción en el contexto de toda la cadena de suministro. Este amplio alcance incrementa el tamaño del superávit que se compartirá entre todas las etapas de la cadena.

ALCANCE INTERFUNCIONAL INTERCOMPAÑÍA ÁGIL

Hasta este punto, hemos discutido el ajuste estratégico en un contexto estático; esto es, los participantes o jugadores de una cadena de suministro y las necesidades de los clientes no cambian con el tiempo. En realidad, la situación es mucho más dinámica. Los ciclos de vida del producto se están haciendo cada vez más cortos y las compañías deben satisfacer las necesidades cambiantes de los clientes individuales. Una compañía debe establecer sociedades con muchas otras compañías, dependiendo del producto que produzca y a qué clientes atienda. La estrategia y las operaciones de las compañías deben ser suficientemente ágiles para mantener el ajuste en un ambiente cambiante.

El *alcance intercompañía ágil* se refiere a la habilidad de la empresa para lograr un ajuste estratégico cuando entra en sociedad con etapas de la cadena de suministro que cambian con el tiempo. Las compañías deben pensar en términos de cadenas de suministro que están constituidas por muchos participantes en cada etapa. Por ejemplo, un fabricante puede tener contacto con un conjunto diferente de proveedores y distribuidores, dependiendo del producto que se está produciendo y el cliente que se está atendiendo. Además, conforme las necesidades los clientes varían con el tiempo, las compañías deben tener la habilidad de volverse parte de nuevas cadenas de suministro, al tiempo que aseguran el ajuste estratégico. Este nivel de agilidad se vuelve más importante conforme el ambiente competitivo se vuelve más dinámico.

2.4 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Explicar por qué lograr un ajuste estratégico es crucial para el éxito de la compañía.

   La carencia de ajuste estratégico entre la estrategia competitiva y la cadena de suministro puede dar como resultado que ésta lleve a cabo acciones que no sean compatibles con las necesidades del cliente, lo que daría lugar a una reducción en el superávit de la cadena y a una disminución en la rentabilidad. El ajuste estratégico requiere que todas las funciones dentro de la compañía y etapas en la cadena de suministro apunten a la misma meta, una que sea consistente con las necesidades del cliente.
2. Describir cómo una compañía logra el ajuste estratégico entre su estrategia de la cadena de suministro y su estrategia competitiva.

   Para lograr el ajuste estratégico, la compañía debe entender primero las necesidades del cliente que está atendiendo, entender la incertidumbre de la cadena de suministro e identificar la incertidumbre implícita. En segundo lugar, debe entender las capacidades de la cadena de suministro en términos de eficiencia y capacidad de respuesta. La clave de un ajuste estratégico es asegurar que la capacidad de respuesta de la cadena de suministro sea congruente con las necesidades del cliente, las capacidades de suministro y la incertidumbre implícita resultante.
3. Analizar la importancia de expandir el alcance del ajuste estratégico a lo largo de la cadena de suministro.

   El alcance del ajuste estratégico se refiere a las funciones y etapas dentro de la cadena de suministro que coordinan la estrategia y apuntan a una meta común. Cuando el alcance es limitado, las funciones individuales tratan de optimizar su desempeño con base en sus propias metas. Esta práctica con frecuencia da por resultado acciones contradictorias que reducen el superávit de la cadena. Conforme el alcance del ajuste estratégico se agranda para incluir a toda la cadena de suministro, las acciones se evalúan con base en el impacto que producen en el desempeño general de la misma, lo cual ayuda a incrementar su superávit.

Preguntas de discusión

1. ¿Cómo podría caracterizar la estrategia competitiva en una cadena de tiendas departamentales de lujo como Nordstrom? ¿Cuáles son las necesidades clave del cliente que Nordstrom busca llenar?
2. ¿Dónde colocaría la demanda que enfrenta Nordstrom en el espectro de la incertidumbre de la demanda implícita? ¿Por qué?
3. ¿Cuál es el nivel de capacidad de respuesta que sería más apropiado para la cadena de suministro de Nordstrom? ¿Qué debería hacer particularmente bien?
4. ¿Cómo puede Nordstrom expandir el alcance del ajuste estratégico a lo largo de la cadena de suministro?
5. Reconsidere las preguntas anteriores para otras compañías como Amazon, una cadena de supermercados, un fabricante de autos y una tienda de descuento como Wal-Mart.
6. Dé argumentos que apoyen la afirmación de que Wal-Mart ha logrado un muy buen ajuste estratégico entre sus estrategias competitivas y de la cadena de suministro.

Bibliografía

Blackwell, Roger D. y Kristina Blackwell,"The Century of the Consumer: Converting Supply Chains into Demand Chains", *Supply Chain Management Review,* otoño de 1999, pp. 22-32.

Bovet, David M. y David G. Frentzel, "The Value Net: Connecting for Profitable Growth", *Supply Chain Management Review,* otoño de 1999, pp. 96-104.

Fine, Charles H., *Clock Speed, Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage,* Reading, MA, Perseus Books, 1999.

Fisher, Marshall L., "What Is the Right Supply Chain for Your Product?", *Harvard Business Review,* marzo-abril de 1997, pp. 83-93.

Fuller, Joseph B., James O'Conner y Richard Rawlinson, "Tailored Logistics: The Next Advantage", *Harvard Business Review,* mayo-junio de 1993, pp. 87-98.

Gilmore, James H. y B. Joseph Pine II, *Markets of One: Creating Customer Unique Value Through Mass Customization,* Boston, Harvard Business School Press, 2000.

Lee, Hau L., "Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties", *California Management Review,* primavera de 2002, pp. 105-119.

Lee, Hau L., "The Triple-A Supply Chain", *Harvard Business Review,* octubre de 2004, pp. 102-112.

Magretta, Joan, "Fast, Global, and Entrepreneurial: Supply Chain Management, Hong Kong Style", *Harvard Business Review,* septiembre-octubre de 1998, pp. 102-114.

Magretta, Joan, "The Power of Virtual Integration: An Interview with Dell Computer's Michael Dell", *Harvard Business Review,* marzo-abril de 1998, pp. 72-84.

Pine, B. Joseph II, *Mass Customization,* Boston: Harvard Business School Press, 1999.

Shapiro, Roy D., "Get Leverage from Logistics", *Harvard Business Review,* mayo-junio de 1984, pp. 119-127.

Shapiro, Roy D. y James L. Heskett, 1985, *Logistics Strategy: Cases and Concepts,* St. Paul, MN, West Publishing Company, 1985.

Stalk, George, Jr. y Thomas M. Hout, *Competing Against Time,* Nueva York, Free Press, 1990.

CAPÍTULO 3

DIRECTRICES Y MÉTRICAS DE LA CADENA DE SUMINISTRO



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Identificar las mayores directrices del desempeño de la cadena de suministro.
2. Analizar la función que cada directriz desempeña en la creación del ajuste estratégico entre la estrategia de la cadena de suministro y la estrategia competitiva.
3. Definir las métricas clave que dan seguimiento al desempeño de la cadena de suministro en términos de cada directriz.
4. Describir los mayores obstáculos que se deben superar para administrar con éxito una cadena de suministro.

En este capítulo introducimos tres directrices lógicas: instalaciones, inventario y transportación, y tres directrices interfuncionales: información, abastecimiento y fijación de precios, que determinan el desempeño de cualquier cadena de suministro. Analizamos cómo se emplean estas directrices para diseñar, planear y operar la cadena de suministro y definimos varias métricas que se emplean para evaluar el desempeño de cada directriz. También introducimos muchos de los obstáculos que enfrentan los gerentes de las cadenas de suministro.

3.1 DESEMPEÑO DE LAS DIRECTRICES DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

El ajuste estratégico que se analizó en el capítulo 2 requiere que la cadena de suministro de la compañía alcance el equilibrio entre la capacidad de respuesta y la eficiencia que mejor satisfaga las necesidades de la estrategia competitiva de la compañía. Para entender cómo una compañía puede mejorar el desempeño de la cadena en términos de capacidad de respuesta y eficiencia, debemos examinar las directrices lógicas e interfuncionales del comportamiento de la misma: instalaciones, inventario, transportación, información, aprovisionamiento y fijación de precios. Estas directrices interactúan para determinar el desempeño en términos de capacidad de respuesta y eficiencia. Como resultado, la estructura de estos conductores determina cómo se logra el ajuste estratégico en toda la cadena de suministro.

Primero definimos cada una de las directrices y analizamos su impacto en el desempeño de la cadena de suministro.

1. *Las instalaciones* son las ubicaciones físicas reales en la red de la cadena de suministro donde el producto se almacena, ensambla o fabrica. Los dos grandes tipos de instalaciones son los sitios de producción y los de almacenamiento. Las decisiones respecto al papel, ubicación, capacidad y flexibilidad de las instalaciones tienen un impacto significativo en el desempeño de la cadena. Por ejemplo, un distribuidor de autopartes que se esfuerza por la capacidad de respuesta podría tener muchas instalaciones de almacenamiento ubicadas cerca de los clientes aun cuando esta práctica redujera la eficiencia. De manera similar, un distribuidor muy eficiente podría tener pocos almacenes para incrementar la eficiencia a pesar del hecho de que esta práctica reduciría la capacidad de respuesta.

2. *El inventario* abarca toda la materia prima, el trabajo en proceso y los bienes terminados dentro de la cadena de suministro. Cambiar las políticas de inventario puede alterar drásticamente su eficiencia y capacidad de respuesta. Por ejemplo, un minorista de ropa puede volverse tener mayor capacidad de respuesta mediante la acumulación de grandes cantidades de inventario y satisfacer la demanda del cliente a partir del inventario. Sin embargo, un inventario grande incrementa su costo y, por tanto, merma su eficiencia. Reducir el inventario lo hace más eficiente pero afecta su capacidad de respuesta.

3. *La transportación* supone mover el inventario de un punto a otro en la cadena de suministro. Puede tomar la forma de muchas combinaciones de modos y rutas, cada una con sus propias características de desempeño. Las opciones de transportación tienen un gran impacto en la capacidad de respuesta y eficiencia de la cadena. Por ejemplo, una compañía de ventas por catálogo puede utilizar un método rápido de transporte como FedEx para enviar sus productos, haciendo que su cadena tenga mayor capacidad de respuesta y, a su vez, sea menos eficiente dados los altos costos asociados. O la compañía podría emplear un método de transporte por tierra más barato pero lento, aunque esto la haría eficiente, limitaría su capacidad de respuesta.

4. *La información* consiste en datos y análisis concernientes a las instalaciones, inventario, transportación, costos, precios y clientes a lo largo de la cadena de suministro. Es potencialmente la mayor directriz del desempeño en la cadena ya que afecta de manera directa a cada una de las demás directrices. La información da a la administración la oportunidad de hacer que las cadenas tengan mayor capacidad de respuesta *y* sean más eficientes. Por ejemplo, con información sobre los patrones de demanda del consumidor, una compañía farmacéutica produce y almacena medicamentos con anticipación a la demanda del cliente, lo cual hace que la cadena tenga una alta capacidad de respuesta, pues los consumidores encontrarán los medicamentos cuando los necesiten. Esta información acerca de la demanda también puede hacerla más eficiente ya que la compañía farmacéutica está mejor preparada para pronosticar la demanda y producir sólo la cantidad requerida. También la hace más eficiente al proporcionar a los gerentes opciones de envío, por ejemplo, les permite escoger la alternativa de menor costo mientras cumplen los requerimientos necesarios del servicio.

5. *El aprovisionamiento* es la decisión sobre quién desempeñará una actividad específica de la cadena de suministro como producción, almacenamiento, transportación o administración de la información. A nivel estratégico, estas decisiones determinan qué funciones llevará a cabo la compañía y cuáles otras subcontratará. Las decisiones de aprovisionamiento afectan tanto la capacidad de respuesta como la eficiencia de la cadena. Después de que Motorola subcontrató gran parte de su producción con fabricantes chinos, vio que su eficiencia mejoraba; sin embargo, su capacidad de respuesta se veía afectada debido a las largas distancias. Para compensar esto, Motorola comenzó a enviar por avión algunos de sus teléfonos celulares desde China aun cuando esta decisión incrementaba el costo de transportación. Flextronics, un fabricante de aparatos electrónicos por contrato, espera ofrecer opciones de aprovisionamiento tanto con capacidad de respuesta como eficientes a sus clientes. Para ello trata de hacer que sus instalaciones de producción en Estados Unidos tengan una alta capacidad de respuesta al mismo tiempo que mantiene eficientes sus instalaciones en países de bajo costo. Flextronics espera volverse un proveedor efectivo para todos sus clientes mediante esta combinación de instalaciones.

6. *La fijación de precios* determina cuánto cobrará una compañía por los bienes y servicios que pone a disposición en la cadena de suministro. Afecta el comportamiento del comprador, por lo que influye en el desempeño de la cadena. Por ejemplo, si una compañía de transporte varía sus cargos con base en el tiempo de entrega proporcionado por los clientes, es muy posible que los que valoran la eficiencia harán su pedido con anticipación, y los que valoran la capacidad de respuesta estarán dispuestos a esperar y harán su pedido justo antes de que necesiten que se transporte el producto. Es probable que los pedidos anticipados sean menos si los precios no varían con el tiempo de entrega.

Nuestra definición de estas directrices trata de delinear la logística y la administración de la cadena de suministro. Esta última incluye el uso de las directrices logísticas e interfuncionales

para incrementar su superávit. En años recientes, las directrices interfuncionales se han vuelto cada vez más importantes en el incremento del superávit de las cadenas. Aunque la logística continúa siendo una parte importante, la gerencia de la cadena de suministro se enfoca cada vez más en las tres directrices interfuncionales.

Es importante reconocer que dichas directrices no actúan de manera independiente sino que, por el contrario, interactúan entre sí para determinar el desempeño de toda la cadena. El buen diseño y operación de ésta reconoce tal interacción y establece los equilibrios necesarios para entregar el nivel deseado de capacidad de respuesta. Consideremos, por ejemplo, la industria del mueble en Estados Unidos. Los muebles de bajo costo abastecidos desde Asia se venden en muchas tiendas minoristas de descuento. La meta principal de esta cadena de suministro es ofrecer precios bajos y calidad aceptable. La variedad es por lo común limitada y los minoristas como Wal-Mart almacenan inventarios de bienes terminados. La poca variedad y las órdenes de reabastecimiento estables permiten a los fabricantes de muebles en Asia enfocarse en la eficiencia. Dado el inventario disponible, se emplean las formas de transportación de bajo costo desde Asia. En este ejemplo, el inventario de bajo costo en el minorista permite a la cadena de suministro volverse más eficiente al reducir los costos de transportación y producción. En contraste, algunos fabricantes de muebles han decidido enfocarse en ofrecer variedad. Dados la alta variedad y los altos precios, mantener todas las variantes en el inventario del minorista sería muy costoso. En este caso, la cadena de suministro se diseña de manera que el detallista tenga muy poco inventario. Los clientes colocan sus pedidos al ver una variante del mueble y seleccionan entre varias opciones. La capacidad de respuesta de la cadena se logra empleando la tecnología de la información para transmitir los datos del pedido de manera eficaz, estructurando en forma flexible las instalaciones de fabricación para producir lotes pequeños y empleando transportación con capacidad de respuesta para entregar el mueble al cliente. En este caso, las instalaciones, transportación e información con capacidad de respuesta se emplean para reducir los costos de inventario. Como el siguiente capítulo ilustrará, la clave para lograr el ajuste estratégico a lo largo de la cadena de suministro es estructurar las directrices de manera apropiada para proporcionar el nivel deseado de capacidad de respuesta.

Antes de discutir cada una de las siguientes directrices en detalle, las pondremos dentro de un marco que ayude a clarificar el papel de cada una de ellas en la mejora del desempeño de la cadena de suministro.

3.2 MARCO PARA ESTRUCTURAR LAS DIRECTRICES

Como se analizó en el capítulo 2, la meta de la estrategia de la cadena de suministro es el equilibrio entre la capacidad de respuesta y la eficiencia que mejor se ajusta a la estrategia competitiva. Para alcanzar esta meta, la compañía debe estructurar la combinación adecuada de las tres directrices logísticas y las tres directrices interfuncionales discutidas con anterioridad. Para cada uno de ellas, los gerentes de la cadena deben buscar el balance entre la eficiencia y la capacidad de respuesta con base en la interacción con las otras directrices. El impacto combinado de estas directrices determina la capacidad de respuesta y las utilidades de toda la cadena.

En la figura 3-1, ilustramos un marco visual para la toma de decisiones de la cadena de suministro. Muchas compañías empiezan con la estrategia competitiva y luego deciden cual deberá ser la estrategia de su cadena. Ésta determina cómo deberá desempeñarse respecto a la eficiencia y la capacidad de respuesta. Asimismo, debe utilizar las tres directrices logísticas e interfuncionales para alcanzar el nivel de desempeño que la estrategia de la cadena exige y maximizar las utilidades. Aunque este marco se ve de arriba abajo, en muchos ejemplos, un estudio de las seis directrices quizá indique la necesidad de cambiar la cadena de suministro, e incluso la estrategia competitiva.

Considere este marco tomando a Wal-Mart como ejemplo. Su estrategia competitiva es ser un minorista confiable, de bajo costo para una gran mayoría de bienes de consumo masivo. Esta estrategia dicta que la cadena de suministro ideal enfatizará la eficiencia pero mantendrá un

FIGURA 3-1 Marco de toma de decisiones de la cadena de suministro

Estrategia competitiva
Estrategia de la cadena de suministro
Eficiencia
Estructura de la cadena de suministro
Capacidad de respuesta
Directrices logísticas
Instalaciones
Inventario
Transportación
Información
Aprovisionamiento
Fijación de precios
Directrices interfuncionales

nivel adecuado de capacidad de respuesta. Wal-Mart emplea de manera efectiva las tres directrices logísticas y las tres interfuncionales para lograr este tipo de desempeño en la cadena. Con la directriz de inventario, Wal-Mart conserva una cadena eficiente al mantener niveles bajos de inventario. Por ejemplo, Wal-Mart fue pionero en el cruce de andén (cross-docking), un sistema en el cual el inventario no se guarda en un almacén, sino que se envía a las tiendas desde el fabricante. Los embarques realizan paradas breves en los centros de distribución (CD), donde los productos se transfieren a camiones que hacen las entregas en las tiendas. Esto disminuye significativamente el inventario, ya que los productos se almacenan sólo en las tiendas, no en las tiendas y en los almacenes. Respecto al inventario, Wal-Mart prefiere la eficiencia a la capacidad de respuesta. Por el lado de la transportación, Wal-Mart tiene su propia flotilla, para mantener la capacidad de respuesta alta. Esto incrementa el costo de transportación, pero los beneficios en términos de reducción de inventario y una mejor disponibilidad de los productos justifican el costo en el caso de Wal-Mart. En el caso de las instalaciones, Wal-Mart emplea CD (centros de distribución) ubicados centralmente dentro de su red de tiendas para disminuir el número de instalaciones e incrementar la eficiencia en cada uno. Wal-Mart construye tiendas sólo donde la demanda es suficiente para justificar tener varias de ellas apoyadas por un CD y, por tanto, incrementa la eficiencia de sus activos de transporte. Para emplear la información en la cadena de suministro, Wal-Mart ha invertido significativamente más en tecnología de la información (TI) que sus competidores y, como resultado, es líder en el uso de la directriz de la información para mejorar la capacidad de respuesta y disminuir la inversión en inventario. Wal-Mart alimenta la información de la demanda a lo largo de la cadena de suministro a sus proveedores, quienes fabrican sólo lo que se demanda. La habilidad de la cadena de suministro para compartir la información de la demanda ha requerido grandes inversiones, pero el resultado

es una cadena mejorada en términos de capacidad de respuesta y eficiencia. Respecto a la directriz del aprovisionamiento, Wal-Mart identifica las fuentes eficientes para cada producto que vende. Las alimenta con grandes órdenes, permitiéndoles ser eficientes al explotar economías de escala. Por último, para la directriz de fijación de precios, Wal-Mart practica "precios bajos todos los días" (EDLP, por sus siglas en inglés) para sus productos. Esto asegura que la demanda del consumidor permanezca estable y no fluctúe por variaciones de precio. Toda la cadena de suministro se enfoca en cumplir esta demanda de manera eficiente. Wal-Mart utiliza todos las directrices de la cadena de suministro para lograr el equilibrio adecuado entre la capacidad de respuesta y la eficiencia de manera que la estrategia competitiva y la estrategia de la cadena estén en armonía.

Dedicamos las siguientes seis secciones a un análisis detallado de cada una de las tres directrices logísticas y las tres interfuncionales y la función que desempeñan en la cadena de suministro.

3.3 INSTALACIONES

En esta sección analizamos el papel que las instalaciones desempeñan en la cadena de suministro así como las decisiones críticas que los gerentes necesitan tomar en relación con ellas.

PAPEL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Si pensamos en el inventario como *qué* se pasa a lo largo de la cadena de suministro y en la transportación como el *cómo* se pasa, entonces las instalaciones son el *dónde* de la cadena. Éstas son ubicaciones desde o hacia las cuales se transporta el inventario. En una instalación el inventario es transformado en otro estado (manufactura) o es almacenado (almacenamiento).

PAPEL EN LA ESTRATEGIA COMPETITIVA

Las instalaciones son una directriz clave del desempeño de la cadena de suministro en términos de capacidad de respuesta y eficiencia. Por ejemplo, las compañías pueden obtener economías de escala cuando un producto se fabrica o almacena en una sola ubicación; esta centralización incrementa la eficiencia. La reducción en costos, sin embargo, llega a expensas de la capacidad de respuesta, porque muchos de los clientes se localizan lejos de la instalación de producción. También, lo opuesto es verdad, porque ubicar las instalaciones cerca de los clientes incrementa su número y, en consecuencia, reduce la eficiencia. Si el cliente lo demanda y está dispuesto a pagar por la capacidad de respuesta que agrega el tener muchas instalaciones, la decisión de contar con ellas ayuda a cumplir las metas estratégicas competitivas de la compañía.

***Ejemplo 3-1:* Toyota y Honda**
Tanto Toyota como Honda toman decisiones sobre instalaciones para tener mayor capacidad de respuesta con sus clientes. Estas compañías tienen la meta última de abrir instalaciones de fabricación en todo gran mercado en el que incursionan. A pesar de que existen otros beneficios de abrirlas, como la protección contra la fluctuación en el tipo de cambio de las divisas y las barreras de entrada, el incremento de la capacidad de respuesta desempeña una función importante en la decisión de Toyota y Honda de colocar instalaciones en mercados locales.

COMPONENTES DE LAS DECISIONES SOBRE INSTALACIONES

Las decisiones respecto a las instalaciones son una parte crucial del diseño de una cadena de suministro, por lo que ahora identificaremos sus componentes, mismos que las compañías deben analizar.

Función

Para las instalaciones de producción, las compañías deben decidir si serán flexibles, dedicadas o una combinación de ambas. La capacidad flexible se utiliza para muchos tipos de producción

pero con frecuencia es menos eficiente, mientras que la capacidad dedicada se emplea sólo para un número limitado de productos, aunque es más eficiente. También, deben decidir si diseñar una instalación con un enfoque de producto o con uno funcional. Una instalación del primer tipo realiza muchas funciones diferentes (por ejemplo, fabricación y ensamblado) para producir un solo tipo de producto. Una instalación del segundo tipo lleva a cabo pocas funciones (por ejemplo, sólo fabricación o sólo ensamblado) en muchos productos. Un enfoque de producto da como resultado una mayor pericia en un tipo de producto en particular a expensas de la experiencia funcional que resulta de una metodología funcional.

En el caso de almacenes y centros de distribución, las empresas deben decidir si serán, principalmente, instalaciones de cruce de andén o de almacenamiento. En las instalaciones de cruce de andén, los camiones que llegan de las fábricas de los proveedores se descargan y los productos se reparten en lotes pequeños que se cargan con rapidez en camiones que salen rumbo a las tiendas. Cada camión que va a las tiendas lleva una variedad de productos, algunos de cada camión entrante. Para las instalaciones de almacenamiento, las empresas deben decidir qué productos se almacenarán en cada instalación.

Ubicación

Decidir dónde ubicar las instalaciones de una compañía constituye una gran parte del diseño de una cadena de suministro. Una decisión básica para alcanzar el equilibrio aquí es si centralizar a fin de obtener economías de escala o descentralizar para tener mayor capacidad de respuesta al estar más cerca del cliente. Las compañías deben también considerar muchos temas relacionados con varias características del área local en la cual se situarán las instalaciones. Éstas incluyen factores macroeconómicos, calidad y costo de los trabajadores, costo de la instalación, disponibilidad de la infraestructura, proximidad a los clientes, la ubicación de otras instalaciones de la empresa, efectos tributarios y otros factores estratégicos.

Capacidad

Las compañías también deben determinar la capacidad de la instalación para llevar a cabo la función o funciones para las cuales se crearon. La capacidad en exceso permite a la instalación ser muy flexible y responder a cambios drásticos en las demandas que tiene que cubrir. La capacidad en exceso, sin embargo, cuesta dinero y, por tanto, reduce la eficiencia. Una instalación con poca capacidad excedente probablemente sea más eficiente por unidad de producto fabricada que otra con mucha capacidad sin utilizar. Sin embargo, la instalación con una alta utilización tendrá dificultades para responder a las fluctuaciones de la demanda. Por tanto, la compañía tendrá que buscar un equilibrio para determinar la capacidad que deberá tener cada una de sus instalaciones.

Métricas relacionadas con las instalaciones

Un gerente deberá dar seguimiento a estas métricas relacionadas con las instalaciones que influyen en el desempeño de la cadena de suministro.

- ***La capacidad*** mide la cantidad máxima que la instalación puede procesar.
- ***La utilización*** mide la fracción de la capacidad que se utiliza en realidad. La utilización afecta tanto el costo unitario de procesamiento como a los retrasos asociados. Los costos unitarios tienden a disminuir y los retrasos a aumentar a medida que se incrementa la utilización.
- ***El tiempo de flujo/de ciclo teórico de producción*** mide el tiempo requerido para procesar una unidad si no hay ningún retraso en ninguna etapa.
- ***El flujo/tiempo de ciclo promedio real*** mide el tiempo promedio real que toma procesar todas las unidades en un periodo específico, como una semana o un mes. El tiempo de flujo/de ciclo real incluye el tiempo teórico y los retrasos que se hayan presentado.
- ***La eficiencia del tiempo de flujo*** es la razón del tiempo de flujo teórico y el tiempo de flujo promedio real.
- ***La variedad del producto*** mide el número de productos o familias de productos que se procesan en una instalación. Los costos de procesamiento y tiempos de flujo quizá se incrementen con la variedad de productos.

- ***La contribución al volumen de 20% superior de SKU y clientes*** mide la fracción del volumen total procesado por una instalación que proviene de 20% superior de SKU (unidad de almacenamiento de inventario o código de barras) o clientes. Un resultado de 80/20, en el cual el 20% superior contribuye con 80% del volumen, indica los probables beneficios de enfocar la instalación donde se emplean procesos separados para procesar el 20% superior y el restante 80%.
- ***El tiempo de proceso/preparación/descompostura/inactividad*** mide la fracción de tiempo en que la instalación procesó las unidades, fue preparada para procesarlas, no estuvo disponible debido a descomposturas, o inactiva por no tener unidades para procesar.
- ***El tamaño del lote de producción promedio*** mide la cantidad promedio producida en cada lote de producción. Los lotes de tamaño grande disminuyen el costo de producción pero incrementan los inventarios en la cadena de suministro.
- ***Nivel de servicio de producción*** mide la fracción de las órdenes de producción terminadas a tiempo y completas.

EQUILIBRIO TOTAL: CAPACIDAD DE RESPUESTA FRENTE A EFICIENCIA

El reto fundamental que los gerentes tienen que establecer cuando toman decisiones sobre las instalaciones está en decidir entre el costo del número, ubicación y tipo de instalaciones (eficiencia) y el nivel de capacidad de respuesta que éstas proporcionan a los clientes. Aumentar el número de instalaciones incrementa los costos de las instalaciones e inventario pero disminuye los de transportación y reduce el tiempo de respuesta. Incrementar la flexibilidad de una instalación eleva sus costos pero disminuye los de inventario y el tiempo de respuesta.

3.4 INVENTARIO

En esta sección discutimos el papel que desempeña el inventario en la cadena de suministro y cómo los gerentes lo utilizan para impulsar el desempeño de la cadena.

PAPEL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El inventario existe en la cadena de suministro debido al desajuste entre la oferta y la demanda. Este desajuste es intencional en un fabricante de acero, donde es económico fabricar grandes lotes que luego son almacenados para ventas futuras. Es también intencional en una tienda minorista donde el inventario se mantiene en previsión de la demanda. Un papel importante que desempeña el inventario en la cadena de suministro es incrementar la cantidad de demanda que puede satisfacerse si se tiene el producto listo y disponible para cuando el cliente lo quiera. Otro papel significativo es reducir el costo mediante la explotación de las economías de escala que pudieran existir durante la producción y la distribución.

El inventario se mantiene a lo largo de la cadena de suministro en la forma de materias primas, trabajo en proceso y bienes terminados; es una de las principales fuentes de costos en la cadena y tiene un gran impacto en la capacidad de respuesta. Si pensamos en el espectro de la capacidad de respuesta que se analizó en el capítulo 2, la ubicación y la cantidad de inventario puede mover la cadena de suministro de un extremo del espectro al otro. Por ejemplo, una cadena de ropa con niveles altos de inventario en la etapa del detallista tiene una gran capacidad de respuesta, ya que un cliente puede entrar a la tienda y salir con la camisa que estaba buscando. En comparación, otra cadena de suministro de ropa con poco inventario podría ser muy eficiente pero haría esperar a los clientes semanas e incluso meses para que tuvieran su ropa.

El inventario tiene también un impacto significativo en el *tiempo de flujo de materiales* en la cadena de suministro. Éste es el tiempo que pasa entre el momento en el cual el material entra a la cadena de suministro y el momento en el que sale. Para una cadena, el *rendimiento*

(*throughput*) es la tasa a la cual ocurre la venta. Si el inventario está representado por I, el tiempo de flujo por T y el rendimiento por D, los tres se relacionan empleando la ley de Little como sigue:

$$I = DT \quad \textbf{(3.1)}$$

Por ejemplo, si el tiempo de flujo del proceso de ensamblado de un auto es de 10 horas y el rendimiento es de 60 unidades por hora, la ley de Little nos dice que el inventario es $60 \times 10 = 600$ unidades. Si fuéramos capaces de reducir el inventario a 300 unidades manteniendo constante el rendimiento, reduciríamos nuestro tiempo de flujo a cinco horas (300/60). Observemos que en esta relación, el inventario y el rendimiento deben tener unidades consistentes.

La conclusión lógica aquí es que el inventario y el tiempo de flujo son sinónimos en una cadena de suministro ya que el rendimiento queda determinado con frecuencia por la demanda del cliente. Los gerentes deberán tomar acciones que disminuyan la cantidad de inventario necesario sin incrementar el costo o reducir la capacidad de respuesta, ya que un tiempo de flujo reducido puede ser una ventaja significativa en la cadena.

PAPEL EN LA ESTRATEGIA COMPETITIVA

El inventario tiene un papel significativo en la habilidad de la cadena de suministro para apoyar la estrategia competitiva de la compañía. Si ésta requiere de un alto nivel de capacidad de respuesta, la logrará mediante la localización de grandes cantidades de inventario cerca del cliente. A la inversa, también puede emplear el inventario para volverse más eficiente al reducirlo a través del almacenamiento centralizado. Esta última estrategia apoyaría una estrategia competitiva de ser un productor de bajo costo. El equilibrio implícito en la directriz del inventario está entre la capacidad de respuesta, resultado de más inventario, y la eficiencia, resultado de menos inventario.

Ejemplo 3-2: **Nordstrom**

La estrategia competitiva de Nordstrom se dirige a clientes de ingreso alto con necesidades de gran capacidad de respuesta, que están dispuestos a pagar una cantidad extra por tener los productos que quieren cuando los quieren. Para apoyar esta estrategia, Nordstrom se sirve del inventario; la compañía almacena una gran variedad y cantidad de productos para asegurar un alto nivel de disponibilidad. De hecho, Nordstrom almacena una cantidad significativamente mayor de inventario que otras tiendas departamentales. Incurre en altos costos debido a ello, pero gana un margen extra de sus clientes, quienes están dispuestos a pagar por el nivel de servicio que el inventario hace posible.

COMPONENTES DE LAS DECISIONES SOBRE EL INVENTARIO

Ahora identificamos las principales decisiones relacionadas con el inventario que los gerentes de la cadena de suministro deben tomar para crear con eficacia cadenas con mayor capacidad de respuesta y más eficientes.

Inventario de ciclo

El *inventario de ciclo* es la cantidad de inventario promedio que se emplea para satisfacer la demanda entre los recibos de embarques del proveedor. El tamaño es resultado de la producción, transportación o compra de material en grandes lotes. Las compañías producen o compran en grandes lotes para explotar las economías de escala en los procesos de producción, transporte y compras. Sin embargo, los aumentos en el tamaño del lote conllevan incrementos en los costos de manejo. Como ejemplo de una decisión del inventario de ciclo, consideremos un minorista de libros en línea que vende en promedio al mes cerca de 10 camiones completos de libros. Las decisiones sobre el inventario de ciclo que el minorista debe tomar se refieren a cuánto ordenar para reabastecerse y a la frecuencia con que debe colocar sus pedidos. Podría ordenar 10 camiones una vez cada mes o un camión cada tres días. El balance básico que los gerentes de

la cadena deben considerar es entre el costo de mantener grandes lotes de inventario (cuando el inventario de ciclo es alto) y el costo de ordenar productos con mayor frecuencia (cuando el inventario de ciclo es bajo).

Inventario de seguridad

El *inventario de seguridad* es aquel que se mantiene en caso de que la demanda supere lo esperado, con el propósito de disminuir la incertidumbre. Si el mundo fuera perfectamente predecible, sólo el inventario de ciclo sería necesario. Debido a que la demanda es incierta y que puede superar las expectativas, las compañías mantienen un inventario de seguridad para satisfacer la alta demanda inesperada. Los gerentes enfrentan una decisión clave cuando determinan cuánto inventario de seguridad mantener. Por ejemplo, un minorista de juguetes como Toys "R" Us debe calcularlo para las compras de las fiestas decembrinas. Si tiene mucho, los juguetes no se venderán y tendrán que rebajarse después de las fiestas. Sin embargo, si tiene muy poco, perderá ventas y, con ello, el margen de utilidad que habrían producido dichas ventas. En conclusión, para decidir el inventario de seguridad se necesita buscar un equilibrio entre los costos de tener mucho inventario y los de perder ventas debido a la insuficiencia del mismo.

Inventario estacional

El *inventario estacional* se constituye para contrarrestar la variabilidad predecible de la demanda. Las compañías que utilizan este tipo de inventario lo consolidan en periodos de baja demanda y lo almacenan para periodos de alta demanda cuando no tendrán la capacidad de producir todo lo que se requiere. Los gerentes enfrentan decisiones clave al determinar si se debe conformar un inventario estacional y, de ser así, decidir cuánto. Si una compañía puede cambiar con rapidez la tasa de su sistema de producción a muy bajo costo, entonces no necesita un inventario de este tipo, ya que el sistema puede ajustarse a un periodo de alta demanda sin incurrir en grandes costos. Sin embargo, si cambiar la tasa de producción es costoso (por ejemplo, cuando hay que contratar o despedir trabajadores), entonces sería prudente establecer una tasa de producción estable y acumular inventarios durante los periodos de baja demanda. Por eso, el balance básico que los gerentes de la cadena de suministro buscan establecer para determinar cuánto inventario estacional conformar es entre el costo de mantener el inventario estacional adicional y el costo de tener una tasa de producción más flexible.

Nivel de disponibilidad del producto

El *nivel de la disponibilidad del producto* es la fracción de la demanda que se satisface a tiempo a partir del producto que se mantiene en inventario. Un alto nivel de disponibilidad proporciona una gran capacidad de respuesta pero incrementa el costo, ya que se mantiene cierta cantidad de inventario que rara vez se emplea. En comparación, un nivel bajo de disponibilidad del producto disminuye el costo del inventario mantenido pero da como resultado una fracción más alta de clientes que no se atienden a tiempo. El balance básico al determinar el nivel de disponibilidad de producto está entre el costo del inventario por incrementar la disponibilidad y la pérdida que implica no atender a los clientes a tiempo.

Métricas relacionadas con el inventario

El gerente debe dar seguimiento a estas medidas relacionadas con el inventario que influyen en el desempeño de la cadena de suministro.

- ***El inventario promedio*** mide la cantidad promedio de inventario que se tiene y puede medirse en unidades, en días de demanda y en valor financiero.
- ***Los productos con más de un número específico de días en inventario*** se identifican con aquellos para los cuales la firma mantiene un alto nivel de inventario. Esta métrica puede usarse para identificar los productos que están sobreinventariados o para detectar las razones que justifican un alto inventario, como descuentos de precio o ser un producto de poco movimiento.
- ***El tamaño promedio del lote de reabastecimiento*** mide la cantidad promedio en cada pedido de resurtido. El tamaño del lote deberá ser medido por SKU en términos de unidades

y días de demanda. Se puede calcular promediando en el tiempo la diferencia entre el inventario máximo y el mínimo (medidos en cada ciclo de reabastecimiento) disponibles.

- ***El inventario de seguridad promedio*** mide la cantidad promedio de inventario disponible cuando llega un pedido de reabastecimiento. Debe medirse por SKU, tanto en unidades como en días de demanda. Se calcula promediando en el tiempo el inventario mínimo disponible en cada ciclo de reabastecimiento.
- ***El inventario estacional*** mide la cantidad tanto del inventario de ciclo como el de seguridad que se compra solamente por cambios estacionales en la demanda.
- ***La tasa de surtido*** mide la fracción de pedidos/demanda que se atendió a tiempo (satisfechas) a partir del producto en inventario. Esta tasa no debe promediarse en el tiempo sino con base en un número específico de unidades de demanda (digamos, cada mil, cada millón, etcétera).
- ***La fracción de tiempo sin inventario*** mide la fracción de tiempo que una SKU particular tuvo cero inventario. Esta fracción se emplea para estimar la demanda durante un periodo de desabasto.

Balance total: capacidad de respuesta frente a eficiencia

El balance fundamental que los gerentes deben establecer cuando toman decisiones sobre el inventario está entre la capacidad de respuesta y la eficiencia. En general, incrementar el inventario hace que la cadena tenga mayor capacidad de respuesta a la necesidad del cliente. Un nivel alto de inventario también facilita una reducción en los costos de producción y transporte debido a las mayores economías de escala en ambas funciones. Sin embargo, esta opción incrementa el costo de mantener el inventario.

3.5 TRANSPORTACIÓN

En esta sección analizaremos el papel que desempeña la transportación en la cadena de suministro, así como las decisiones clave que deben tomar los gerentes en relación con el transporte.

PAPEL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Por medio de la transportación, los productos se mueven a lo largo de las diferentes etapas de la cadena de suministro. Así como otras directrices de ésta, el transporte ha tenido un gran impacto tanto en la capacidad de respuesta como en la eficiencia. La transportación rápida permite que la cadena tenga mayor capacidad de respuesta pero reduce su eficiencia. Asimismo, el tipo de transporte que se utiliza afecta el inventario y la ubicación de las instalaciones. Dell, por ejemplo, envía por avión algunos de sus componentes desde Asia ya que le permite disminuir el nivel de inventario que mantiene. Está claro que tal práctica también incrementa la capacidad de respuesta pero disminuye la eficiencia en la transportación, ya que es más costosa que transportar las partes por barco.

PAPEL EN LA ESTRATEGIA COMPETITIVA

El papel de la transportación en la estrategia competitiva de la compañía figura prominentemente en la consideración de las necesidades del cliente objetivo. Si la estrategia competitiva se enfoca en un cliente que demanda una gran capacidad de respuesta y que está dispuesto a pagar por ella, entonces la compañía puede emplear la transportación como una directriz para dar mayor capacidad de respuesta a la cadena de suministro. Lo opuesto también resulta cierto. Si la estrategia competitiva de la compañía se enfoca en clientes cuyo primer criterio de decisión es el precio, entonces puede emplear el transporte para disminuir el costo del producto a expensas de la capacidad de respuesta. Debido a que la compañía puede emplear tanto el inventario como la transportación para incrementar la capacidad de respuesta o la eficiencia, la decisión óptima para la compañía con frecuencia significa encontrar el equilibrio adecuado entre ambas.

***Ejemplo 3-3:* Laura Ashley**
Laura Ashley vende ropa y otros artículos para el hogar a través de ventas por catálogo, donde el transporte es parte de su estrategia competitiva. Sus clientes están dispuestos a pagar un sobreprecio por una gran capacidad de respuesta. Para cumplir con esto, la compañía ubicó su principal almacén en Memphis, Tennessee, cerca del centro de recolección de FedEx, para aprovechar mejor la capacidad de respuesta que FedEx ofrece. Cuando se coloca un pedido, los bienes se envían de manera fácil y rápida desde el almacén de Laura Ashley hacia el centro de recolección de FedEx desde donde son enviados al cliente durante la noche. Esta política permite a los clientes de Laura Ashley ordenar los productos mucho más tarde que en otras compañías y, no obstante, recibir su producto al día siguiente.

COMPONENTES DE LAS DECISIONES DE TRANSPORTACIÓN

Ahora identificamos los componentes clave de la transportación que las compañías deben analizar al diseñar y operar una cadena de suministro.

Diseño de una red de transporte

La red de transporte es un conjunto de modos de transporte, ubicaciones y rutas que se usan para enviar un producto. Una compañía debe decidir si el transporte desde la fuente de suministro será directo al punto de demanda o pasará por puntos de consolidación intermedios. Las decisiones de diseño también incluyen si una sola corrida abarcará o no varios puntos de oferta y demanda. Por último, se debe decidir sobre el conjunto de modos de transporte que se empleará.

Elección de modos de transporte

El modo de transporte es la forma en que el producto se mueve de un sitio a otro en la red de la cadena de suministro. Las compañías pueden escoger entre aire, camión, tren, barco y tuberías como medios de transporte de sus productos. En la actualidad, los bienes de información también se envían vía Internet. Cada uno de ellos tiene características diferentes respecto a la velocidad, tamaño de los embarques (paquetes individuales, palés, camiones completos o barcos enteros), costo del envío y flexibilidad que lleva a las compañías a escoger un medio en particular sobre las demás.

Métricas relacionadas con la transportación

Un gerente debe dar seguimiento a estas métricas relacionadas con el transporte y que influyen en el desempeño de la cadena de suministro.

- ***El costo promedio del transporte entrante*** típicamente mide el costo de traer el producto a la instalación y se expresa como un porcentaje de las ventas o del costo de los bienes vendidos (CBV). Idealmente, este costo debe medirse por unidad traída, pero puede ser difícil. El costo de transporte entrante se incluye por lo general en el costo de los bienes vendidos (CBV). Es útil separar este costo por proveedor.
- ***El tamaño promedio del embarque entrante*** mide el número promedio de unidades o dinero en cada embarque que entra a la instalación.
- ***El costo promedio del transporte entrante por embarque*** mide el costo promedio de transporte de cada entrega que entra. Junto con el tamaño del embarque entrante, esta medida identifica oportunidades para mayores economías de escala en el transporte entrante.
- ***El costo promedio del transporte saliente*** mide el costo de enviar un producto de la instalación al cliente. Idealmente, este costo debe ser medido en unidades enviadas, pero con frecuencia se mide como un porcentaje de las ventas. Resulta de utilidad separar esta métrica por cliente.
- ***El tamaño promedio del embarque saliente*** mide el número promedio de unidades o dinero en cada envío que sale de la instalación.

- ***El costo promedio del transporte saliente por embarque*** mide el costo promedio del transporte de cada entrega saliente. Junto con el tamaño del embarque saliente, esta medida identifica las oportunidades de mayores economías de escala en el transporte saliente.
- ***La fracción trasportada por medio*** mide la fracción de transporte (en unidades o dólares) empleando cada modo de transporte. Esta medida se emplea para estimar si ciertos medios se utilizaron en exceso o se subutilizaron.

Balance total: capacidad de respuesta frente a eficiencia

El balance fundamental que se debe establecer en el transporte está entre el costo de transportar un producto dado (eficiencia) y la velocidad con la que ese producto se transporta (capacidad de respuesta). Emplear modos rápidos de transporte incrementa la capacidad de respuesta y el costo de transporte pero disminuye el costo de mantener el inventario.

3.6 INFORMACIÓN

En esta sección analizamos el papel que desempeña la información en la cadena de suministro, así como las decisiones clave relacionadas con la información que los gerentes de la cadena de suministro deben tomar.

PAPEL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La información afecta profundamente cada parte de la cadena de suministro. Su impacto se subestima con facilidad, ya que la información afecta la cadena de suministro en muchos sentidos. Consideremos lo siguiente:

1. La información sirve como conexión entre las diversas etapas de la cadena de suministro, permitiéndoles coordinar y maximizar la rentabilidad total de la misma.
2. La información también es crucial para la operación diaria de cada etapa de la cadena de suministro. Por ejemplo, un sistema de programación de la producción emplea la información sobre la demanda para crear un programa que permita a la fábrica producir los productos adecuados de manera eficiente. El sistema de administración de un almacén la utiliza para crear visibilidad del inventario mantenido ahí. La compañía usa después esta infomación para determinar si puede surtir nuevos pedidos.

PAPEL EN LA ESTRATEGIA COMPETITIVA

La información es una directriz importante que las compañías han empleado para volverse más eficientes y con mayor capacidad de respuesta. El formidable crecimiento de la importancia de la tecnología informática es un testimonio del impacto que la información tiene sobre el mejoramiento de la compañía. Sin embargo, como las otras directrices, incluso con información, las compañías llegan a un punto donde deben establecer un equilibrio entre la eficiencia y la capacidad de respuesta.

Otra decisión clave se relaciona con la información que es más valiosa para reducir los costos y mejorar la capacidad de respuesta dentro de la cadena. Esta decisión variará dependiendo de la estructura y el segmento de mercado atendido. Algunas compañías, por ejemplo, atienden clientes que requieren productos personalizados que conllevan un sobreprecio. Éstas podrían descubrir que las inversiones en información les permitirían responder de manera más rápida a sus clientes. Los siguientes ejemplos ilustran este tipo de inversión.

Ejemplo 3-4: **Andersen Windows**

Andersen Windows, un fabricante de ventanas residenciales de madera localizado en Bayport, Minnesota, invirtió en un sistema de información que permite llevar con rapidez los productos personalizados al mercado. Este sistema, llamado "Ventana del conocimiento", permite a los distribuidores y clientes diseñar ventanas que se ajusten a sus necesidades. Los usuarios pueden

seleccionar de una biblioteca de más de 50,000 componentes que pueden combinarse en cualquier número de configuraciones. El sistema da de inmediato una cotización al cliente y automáticamente envía el pedido a la fábrica, si el cliente decide comprar. Este sistema no sólo da al consumidor una variedad mucho más amplia de productos sino que también le permite a Andersen tener mayor capacidad de respuesta con el cliente porque el pedido se envía a la fábrica en cuanto el cliente lo coloca.

Ejemplo 3-5: **Dell**
Dell toma órdenes directamente de los clientes a través del teléfono o vía Internet. La construcción de este canal directo requirió una inversión debido a las funciones agregadas que Dell debe realizar. Una gran parte del costo puede atribuirse a la información. Sin embargo, con este tipo de canal, Dell es capaz de ver la demanda real de los clientes mucho antes que la mayor parte de los fabricantes de computadoras. Por tanto, la compañía puede responder con más rapidez a los cambios en las necesidades del cliente y modificar sus ofertas de producto para cumplir estas necesidades. Dell no es un proveedor de bajo costo. Sin embargo, la compañía es, para su nivel de capacidad de respuesta, la más barata, lo cual se debe al flujo de información entre Dell y sus clientes y entre Dell y sus proveedores, que es posible gracias a su inversión en información.

COMPONENTES DE LAS DECISIONES SOBRE INFORMACIÓN

Ahora consideramos los elementos clave de la información que la compañía debe analizar para incrementar su eficiencia y su capacidad de respuesta dentro de la cadena de suministro.

Empuje frente a tirón

Cuando se diseñan los procesos de una cadena de suministro, los gerentes deben determinar si son parte de la fase de empuje o de la fase de tirón. Analizamos esta distinción en el capítulo 1, pero lo mencionamos otra vez debido a que los diferentes tipos de sistema requieren distintos tipos de información. En general, los sistemas de empuje requieren información en la forma de elaborados sistemas de *planeación de necesidades de materiales* elaborados (MRP, por sus siglas en inglés) para tomar el programa maestro de producción y desglosarlo, creando programas para los proveedores con tipos de partes, cantidades y fechas de entrega. Los sistemas de tirón requieren información sobre la demanda real para transmitirla con suma rapidez a través de toda la cadena, de manera que la producción y distribución de los productos puedan reflejar la demanda real con precisión.

Compartir la coordinación e información

La *coordinación de la cadena de suministro* ocurre cuando todas sus etapas trabajan para alcanzar el objetivo de maximizar la rentabilidad total con base en la información compartida. La carencia de coordinación tiene como resultado una pérdida significativa de la rentabilidad. La coordinación entre las diferentes etapas de la cadena requiere que cada etapa comparta la información apropiada con las demás. Por ejemplo, para que un proveedor produzca las partes adecuadas de manera oportuna para un fabricante en un sistema de tirón, este último debe compartir información de la demanda y producción con el primero. Por tanto, compartir la información es crucial para el éxito de la cadena de suministro.

Pronóstico y planeación agregada

El *pronóstico* es el arte y la ciencia de hacer proyecciones acerca de cuáles serán la demanda y las condiciones futuras. Para obtener con frecuencia información de los pronósticos se necesitan técnicas complejas para estimar las ventas o condiciones de mercado en el futuro. Los gerentes deben decidir cómo llevar a cabo los pronósticos y en qué medida se apoyarán en éstos para tomar sus decisiones. Con frecuencia, los pronósticos se emplean tanto en el nivel táctico, para programar la producción, como en el nivel estratégico, para determinar si se construyen nuevas plantas o incluso si se entra a un nuevo mercado.

Una vez que se crea el pronóstico, la compañía necesita un plan para actuar en función de él. La *planeación agregada* transforma los pronósticos en planes de actividad para satisfacer la demanda proyectada. Una decisión clave que los gerentes enfrentan es acerca de cómo colaborar

con la planeación agregada a lo largo de toda la cadena. Este plan agregado se convierte en una pieza crítica de información que va a ser compartida a lo largo de la cadena de suministro, ya que afecta tanto a la demanda sobre los proveedores como a la oferta hacia sus clientes.

Tecnologías adecuadas

Existen muchas tecnologías para compartir y analizar la información en la cadena de suministro. Los gerentes deben decidir cuáles usar y cómo integrarlas tanto en sus compañías como en las de sus socios. Las consecuencias de estas decisiones se vuelven cada vez más y más importantes conforme crecen las capacidades de estas tecnologías. Algunas tecnologías con las siguientes.

1. El intercambio electrónico de datos (EDI, por sus siglas en inglés) permite a las compañías colocar pedidos instantáneos y sin papel con los proveedores. No sólo es eficiente, sino también disminuye el tiempo necesario para que los productos les lleguen a los clientes, ya que las transacciones son más rápidas y precisas que cuando se hacían con papel. Aunque este sistema esté un poco obsoleto y sus capacidades sean limitadas, todavía ofrece ganancias en eficiencia y capacidad de respuesta para algunas compañías.
2. Internet tiene ventajas críticas sobre el EDI respecto a compartir la información, ya que transmite mucha más información y por tanto ofrece mucha mayor visibilidad. Esto mejora las decisiones a lo largo de la cadena. La comunicación por Internet entre las etapas de la cadena es también mucho más fácil debido a que la infraestructura estándar (la World Wide Web) ya existe. Gracias a Internet, el comercio electrónico se ha vuelto una fuerza importante en la cadena de suministro.
3. Los sistemas de planeación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) proporcionan el seguimiento de las transacciones y la visibilidad global de la información desde dentro de la compañía y a lo largo de la cadena. Esta información en tiempo real ayuda a la cadena a mejorar la calidad de sus decisiones operativas. Los sistemas ERP mantienen un seguimiento de la información, mientras que Internet proporciona un método que permite verla. En el capítulo 17 analizamos con más detalle los sistemas ERP.
4. El software de administración de la cadena de suministro (SCM, por sus siglas en inglés) emplea la información de los sistemas ERP para proporcionar un apoyo analítico a las decisiones, además de la visibilidad de la información. Los sistemas ERP muestran qué es lo que está haciendo la compañía, mientras que los SCM ayudan a decidir qué hacer. En el capítulo 17 analizaremos con más detalle los sistemas SCM.
5. La identificación por radiofrecuencia (RFID) consiste en una etiqueta de radiofrecuencia, que puede ser activa o pasiva, en el producto al cual se dará seguimiento, y de un lector emisor de radiofrecuencia. La etiqueta pasiva toma energía del lector, mientras que la activa tiene su propia pila y de ahí obtiene su energía. Wal-Mart ha ordenado el uso de tecnología de RFID a 100 de sus proveedores principales al nivel de cajas. La RFID tiene muchos posibles usos. Este recurso tecnológico se emplea en la manufactura para verificar la disponibilidad de inventario de todos los componentes de la carta de materiales. También, la recepción de un camión se hace mucho más rápida y barata. La implementación de la RFID podría eliminar la necesidad del conteo manual y el escaneo del código de barras en la plataforma de recepción. También se emplea para obtener el conteo exacto de los artículos entrantes y de los artículos en almacén. Sin embargo, esta tecnología no ha logrado 100% de precisión y su costo por unidad es todavía alto para lograr su aceptación global, incluso al nivel de cajas.

Métricas relacionadas con la información

Un gerente debe dar seguimiento a estas métricas relacionadas con la información que influyen en el desempeño de la cadena de suministro.

- ***El horizonte de pronóstico*** identifica con cuánta anticipación al suceso real se realizará el pronóstico. El horizonte de pronóstico debe ser igual al tiempo de espera de la decisión que se tome a partir del pronóstico.

- ***La frecuencia de actualización*** identifica con qué frecuencia se actualiza cada pronóstico. Éste debe actualizarse con un poco más de frecuencia que con la que se revisa la decisión, de manera que los grandes cambios puedan ser marcados y tomar acciones correctivas.
- ***El error de pronóstico*** mide la diferencia entre la demanda pronosticada y la real. Es una medida de la incertidumbre e impulsa todas las respuestas a la incertidumbre, como el inventario de seguridad y el exceso de capacidad.
- ***Los factores estacionales*** miden el grado hasta el cual la demanda promedio en una temporada está por encima o por debajo del promedio en el año.
- ***La varianza del plan*** identifica la diferencia entre los inventarios o la producción planeados y los valores reales. Puede emplearse para señalizar e identificar faltantes y excedentes.
- ***El cociente entre la variabilidad de la demanda y la variabilidad de los pedidos*** mide la desviación estándar de la demanda entrante y de las órdenes de suministro colocadas. Una razón de menos de uno indica la existencia de un efecto de látigo.

Balance total: capacidad de respuesta frente a eficiencia

La buena información ayuda a la compañía a mejorar su capacidad de respuesta y su eficiencia. La directriz de la información se emplea para mejorar el desempeño de las demás y el uso de la información se basa en la posición estratégica de otras directrices. La información precisa ayuda a la empresa a mejorar la eficiencia porque reduce el inventario y los costos de transporte. Cuanto más precisa, más útil será para mejorar la capacidad de respuesta, pues ayuda a la cadena de suministro a sincronizar mejor la oferta y la demanda.

3.7 APROVISIONAMIENTO

En esta sección analizamos el papel que el aprovisionamiento desempeña en la cadena de suministro y las decisiones clave relacionadas que los gerentes deben tomar.

PAPEL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El *aprovisionamiento* es un conjunto de procesos que se requieren para comprar bienes y servicios. Los gerentes deben decidir primero cuáles tareas deberán ser subcontratadas y cuáles se realizarán en la compañía. Para cada una de las tareas subcontratadas, el gerente debe decidir si abastecerse de un solo proveedor o de un portafolio de ellos. Si se toma la segunda opción, el papel de cada proveedor debe ser aclarado. El siguiente paso es identificar el conjunto de criterios que se emplearán para seleccionar a los proveedores y medir su desempeño. Una vez realizado esto, hay que negociar los contratos. Éstos definen el papel de cada una de las fuentes de suministro por lo que deben estructurarse a fin de mejorar el desempeño de la cadena y minimizar la distorsión de la información de una etapa a la otra. Una vez que se tiene a los proveedores y los contratos, los procesos de abastecimiento que facilitan la colocación y entrega de los pedidos juegan un papel mucho mayor.

PAPEL EN LA ESTRATEGIA COMPETITIVA

Las decisiones de aprovisionamiento son cruciales ya que afectan el nivel de eficiencia y capacidad de respuesta que puede lograr la cadena de suministro. Por ejemplo, las compañías subcontratan con terceros con capacidad de respuesta si les resulta muy caro desarrollar la capacidad de respuesta por ellas mismas. Un ejemplo es la subcontratación de empresas de mensajería para la entrega al día siguiente de pocos paquetes, ya que es muy caro para una compañía desarrollar ella misma esta capacidad. En otros casos, las firmas han conservado el control al mantener en casa el proceso de capacidad de respuesta. Éste es el caso de Benetton, que continúa tiñendo las prendas tejidas en sus instalaciones para poder responder con rapidez a los pedidos que llegan. Las compañías también subcontratan por motivos de eficiencia, si un tercero puede

lograr economías de escala significativas o tiene un costo de estructura bajo por otras razones. Respecto a la subcontratación, las decisiones deben responder al deseo de crecimiento en la rentabilidad total de la cadena.

Ejemplo 3-6: **Cisco**
Cisco ha subcontratado casi toda su manufactura. Sin embargo, tiene una estrategia de aprovisionamiento que varía según el tipo de producto. Para productos de bajo costo, como los enrutadores (routers) para redes caseras, Cisco prefiere la eficiencia, ya que estos dispositivos se producen y empacan en China y se envían en volumen para su venta en Estados Unidos. Cisco selecciona las ubicaciones de fabricación de menor costo y las economías de escala en la transportación, ya que el segmento de mercado objetivo valora el bajo costo. Para los productos caros, subcontrata fabricantes en Estados Unidos que, aunque no son baratos, tienen capacidad de respuesta y atienden las necesidades de rápida evolución del mercado de costo elevado.

COMPONENTES DE LAS DECISIONES DE APROVISIONAMIENTO

Ahora consideraremos las decisiones clave que se toman dentro de la compañía.

Propio o con subcontrato

La decisión más significativa del aprovisionamiento para una compañía es si debe realizar la tarea internamente, es decir, en sus instalaciones, o subcontratarla a terceros. Dicha elección deberá basarse en parte en el impacto que tendrá en la rentabilidad total de la cadena. Es mejor subcontratar si el crecimiento de la utilidad total es significativo con poco riesgo adicional. Dentro de una tarea como la transportación, los gerentes deben decidir si subcontratarla completamente o sólo el componente de capacidad de respuesta, o bien, sólo el componente eficiente. Una vez más, la decisión deberá estar basada en parte con base en el crecimiento de la rentabilidad total.

Selección de proveedor

Los gerentes deben decidir acerca del número de proveedores que tendrán para una actividad en particular. Luego deben identificar los criterios con los cuales los evaluarán y seleccionarán. Para el proceso de selección, deben decidir si será a través de negociaciones directas o a través de una subasta. Esta última requiere estructurarse para asegurar el resultado deseado.

Abastecimiento

El abastecimiento es un proceso en el cual el proveedor envía el producto en respuesta a los pedidos del cliente. De nuevo, los gerentes deben decidir sobre la estructura de abasto de los materiales directos e indirectos, así como de los materiales estratégicos y generales. En cada caso, es importante identificar el mecanismo crítico para incrementar la rentabilidad de la cadena. Por ejemplo, la firma debe establecer el abasto de los materiales directos para asegurar una buena coordinación entre el proveedor y el comprador. En contraste, la adquisición de productos de MRO deberá estar estructurada para asegurar que los costos de la transacción sean bajos.

Métricas relacionadas con el aprovisionamiento

Un gerente debe dar seguimiento a estas métricas relacionadas con el aprovisionamiento que influyen en el desempeño de la cadena.

- ***Días pendientes por pagar*** mide el número de días entre que el proveedor realiza la tarea y recibe su pago.
- ***Precio promedio de compra*** mide el precio promedio al cual se compró el bien o servicio durante el año. Deberá ser ponderado por la cantidad comprada a cada precio.
- ***El rango de precios de compra*** mide la fluctuación en el precio de compra durante un periodo específico. La meta es identificar si la cantidad que se compra se correlaciona con el precio.

- ***La cantidad promedio de compra*** mide la cantidad promedio que se compra por pedido. La meta es identificar si se logra un nivel suficiente de agregación a lo largo de las ubicaciones cuando se coloca un pedido.
- ***La fracción de las entregas a tiempo*** mide la fracción de las entregas del proveedor que se efectuaron a tiempo.
- ***La calidad del suministro*** mide la calidad del producto suministrado.
- ***El tiempo de entrega del suministro*** mide el tiempo promedio entre la colocación del pedido y la llegada del producto.

Balance total: incremento en las ganancias de la cadena de suministro

Las decisiones de abastecimiento deben tomarse para incrementar la magnitud de las utilidades totales que se compartirán por toda la cadena. Las utilidades totales se ven afectadas por el impacto del aprovisionamiento en las ventas, servicio, costos de producción, costos de inventario, costos de transporte y costos de información. La subcontratación de terceros tiene sentido si éstos incrementan las ganancias de la cadena de suministro mucho más de lo que la compañía puede hacerlo por sí sola. En contraste, la firma deberá realizar internamente una función de la cadena de suministro si los terceros no pueden incrementar las utilidades o si el riesgo asociado con la subcontratación es significativo.

3.8 FIJACIÓN DE PRECIOS

En esta sección analizamos el papel que juega la fijación de precios en la cadena de suministro.

PAPEL EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La fijación de precios es un proceso mediante el cual la compañía decide cuánto cobrar a los clientes por los bienes y servicios que produce. Afecta a los segmentos de consumidores que deciden comprar el producto, como también a las expectativas que tienen de él y, de manera directa, a la cadena de suministro en términos del nivel de capacidad de respuesta requerido como también del perfil de la demanda que la cadena trata de satisfacer. La fijación de precios es también una palanca que se emplea para igualar la oferta y la demanda. Los descuentos de corto plazo se utilizan para eliminar los excedentes de oferta o disminuir los picos de la demanda estacional moviendo algo de la demanda hacia delante. En resumen, la fijación de precios es uno de los factores más significativos que afecta el nivel y el tipo de la demanda que enfrentará la cadena.

PAPEL EN LA ESTRATEGIA COMPETITIVA

La fijación de precios es un atributo significativo a través del cual una compañía ejecuta su estrategia competitiva. Por ejemplo, Costco, un mayorista que sólo vende a socios de la cadena en Estados Unidos, tiene la política de mantener los precios estables pero bajos. Los clientes esperan precios bajos y se sienten a gusto con un bajo nivel de disponibilidad del producto. Los precios constantes también aseguran que la demanda se mantenga estable. Costco atiende un segmento bien definido y, por tanto, puede diseñar una cadena de suministro adecuada. La cadena de suministro de Costco busca ser muy eficiente, a expensas de cierta capacidad de respuesta. En contraste, algunas empresas de manufactura y transporte usan precios que varían dependiendo del tiempo de respuesta que desea el cliente. A través de la fijación de precios, estas firmas tratan de captar un conjunto más amplio de clientes, algunos de los cuales necesitan capacidad de respuesta, mientras que otros necesitan eficiencia. En este caso, se vuelve importante para estas compañías estructurar una cadena que pueda satisfacer las dos necesidades divergentes.

Ejemplo 3-7: **Amazon**

Amazon ofrece a sus clientes un gran menú de precios para sus productos. Por ejemplo, en noviembre de 2005, una persona que compró dos libros con valor de 30 dólares podría utilizar el envío estándar (envíos de 3 a 5 días hábiles) a un costo de 4.98 dólares; envío de dos días (envíos de 2 días hábiles) a un costo de 11.47 dólares; envío de un día (un día hábil) a un costo de 20.47 dólares, o emplear envío gratis (envío de 7 a 14 días hábiles). El menú de precios permite a Amazon atraer a

los clientes con varios niveles de capacidad de respuesta deseada. Mientras que los clientes que pagan por entregas el mismo día imponen un alto grado de incertidumbre, los clientes que optan por el envío gratis se utilizan para estabilizar la carga de trabajo en el almacén. Amazon puede emplear este tipo de fijación de precios para ofrecer capacidad de respuesta a aquellos que la valoran mientras que aquellos que quieren un precio bajo ayudan a mejorar la eficiencia. También, utiliza el precio de manera efectiva para mover algo del pico de navidad a noviembre, al ofrecer un descuento por el envío. Esto hace que el descuento mueva la demanda de diciembre hacia delante, permitiéndole mejorar su eficiencia sin descuidar la capacidad de respuesta para aquellos clientes que no les gusta ordenar con tiempo anticipado.

COMPONENTES DE LAS DECISIONES DE FIJACIÓN DE PRECIOS

Ahora describimos los componentes clave de las decisiones de fijación de precios que afectan el desempeño de la cadena de suministro.

La fijación de precios y las economías de escala

La mayoría de las cadenas muestran economías de escala. Los cambios que requieren las máquinas hacen que las pequeñas corridas de producción resulten más costosas por unidad de producto que las grandes corridas. Los costos de carga y descarga hacen más barato entregar en un lugar un camión completo en una ubicación que cuatro. En cada caso, el proveedor de la actividad de la cadena debe decidir cómo fijar el precio de manera apropiada para que refleje estas economías de escala. Un método comúnmente utilizado es ofrecer descuentos por cantidad. Debemos tener cuidado de asegurarnos que éstos sean consistentes con las economías de escala en el proceso esencial. De otra manera, existe el peligro de que la motivación principal de los pedidos de los clientes sean los descuentos por cantidad, incluso cuando el proceso esencial no tenga economías de escala significativas.

Precios bajos todos los días frente a precios altos y bajos

Una compañía como Costco practica precios bajos todos los días en sus tiendas que también hacen las veces de almacenes, manteniendo los precios estables. Costco llega incluso al extremo de no ofrecer descuento alguno sobre libros dañados para asegurar su estrategia. En contraste, la mayoría de los supermercados practican precios altos y bajos y ofrecen grandes descuentos sobre un subgrupo de sus productos todas las semanas. La estrategia de Costco da como resultado una demanda relativamente estable; la estrategia de precios altos y bajos provoca un pico durante la semana de descuento, seguido con frecuencia de una caída pronunciada durante las siguientes semanas. Las dos estrategias producen perfiles de demanda muy diferentes que la cadena debe atender.

Precios fijos frente a menú de precios

Una compañía debe decidir si cobrará un precio fijo por las actividades de la cadena o tendrá un menú de precios que varían dependiendo de algún otro atributo, como el tiempo de respuesta o el lugar de entrega. Si los costos marginales de la cadena o el valor para el cliente varían de manera significativa con algunos atributos, es eficaz tener un menú de precios. Ya hemos analizado a Amazon como ejemplo de una compañía que ofrece un menú que es de alguna manera consistente con el costo de proporcionar el servicio particular de la cadena. Un ejemplo donde el menú de precios es un poco inconsistente se ve en muchos proveedores de MRO, ya que es frecuente que unas veces les envíen el producto a sus clientes y que otras éstos lo recojan personalmente. El cliente paga una tarifa adicional por entrega a domicilio pero no paga nada si lo recoge él mismo. El costo de recoger, empacar y entregar en el almacén, sin embargo, es más alto en el caso de que el comprador recoja el producto en comparación a la entrega en el domicilio. La política de precios, por tanto, puede llevar a un comportamiento del cliente que tal vez tenga un impacto negativo en las utilidades.

Métricas relacionadas con el precio

Un gerente debe dar seguimiento a estas métricas relacionadas con el precio. Con el menú de precios, deberá dar seguimiento a cada una de las métricas por separado, por cada segmento del menú.

- ***El margen de utilidad*** mide la ganancia como porcentaje de los ingresos. Una compañía examina una amplia variedad de medidas del margen de utilidad para optimizar su política de precios, incluyendo dimensiones tales como tipo de margen (bruto, neto, etc.), alcance (SKU, línea de productos, división, compañía), tipo de cliente y otras.
- ***Los días de ventas pendientes*** se refieren al tiempo promedio que transcurre entre la venta realizada y el cobro.
- ***El costo fijo incremental por pedido*** mide los costos incrementales que son independientes del tamaño del pedido. Éstos incluyen los costos de conversión en la planta manufacturera o los de procesamiento del pedido o transporte en los que se incurre independientemente del tamaño del envío en una compañía de ventas por correo.
- ***El costo variable incremental por unidad*** mide los costos incrementales que varían dependiendo del tamaño de pedido. Entre ellos se encuentran los costos de surtido del pedido en una compañía de ventas por correo o los costos variables de producción en una planta manufacturera.
- ***El precio promedio de venta*** mide el precio promedio al cual se lleva a cabo una actividad de la cadena en un periodo dado. El promedio debe ser obtenido al ponderar el precio con la cantidad vendida a ese precio.
- ***El tamaño promedio de pedido*** mide la cantidad promedio por pedido. El precio promedio de venta, tamaño del pedido, costo fijo incremental por pedido y el costo variable incremental por unidad ayudan a estimar la contribución de realizar la actividad de la cadena.
- ***El rango del precio de ventas*** mide el precio de venta máximo y mínimo por unidad durante un horizonte de tiempo específico.
- ***El rango de ventas periódicas*** mide la cantidad vendida máxima y mínima por periodo (día/semana/mes) durante un horizonte de tiempo específico. La meta es entender la correlación entre las ventas y el precio y cualquier oportunidad potencial de producir un cambio en las ventas si se cambia el precio con el tiempo.

Balance total: incrementar las utilidades de la compañía

Todas las decisiones sobre precios deberán tomarse con el objetivo de incrementar las utilidades. Esto requiere entender la estructura de costos que tiene realizar una actividad en la cadena y el valor que esta actividad aporta a la cadena. Las estrategias como precios bajos todos los días pueden alentar la demanda estable que permite la eficiencia en la cadena de suministro. Otras estrategias de precios podrían disminuir los costos, defender la participación de mercado, o incluso robarla. Los precios diferenciales se emplean para atraer a clientes con diversas necesidades, siempre que la estrategia ayude, ya sea a incrementar los ingresos o a disminuir los costos, de preferencia ambas cosas.

En la siguiente sección analizamos los principales obstáculos que enfrentan las compañías cuando luchan por lograr el ajuste estratégico.

3.9 OBSTÁCULOS PARA EL LOGRO DEL AJUSTE ESTRATÉGICO

La clave para lograr el ajuste estratégico es la habilidad de la compañía para encontrar el equilibrio entre la capacidad de respuesta y la eficiencia que mejor corresponda a las necesidades de su cliente objetivo. Al decidir dónde debe localizarse el equilibrio en el espectro de capacidad de respuesta, la compañía enfrenta muchos obstáculos. En esta sección discutimos algunos de ellos y también proporcionamos una percepción de cómo el ambiente de la cadena ha cambiado con los años. Por un lado, estos obstáculos han dificultado a las compañías crear el equilibrio ideal. Por el otro, les han proporcionado mayores oportunidades para mejorar la administración de la cadena. Los gerentes necesitan entender cabalmente el impacto de estos obstáculos, ya que son críticos para que la compañía pueda obtener la rentabilidad máxima de su cadena de suministro.

INCREMENTO EN LA VARIEDAD DE PRODUCTOS

En la actualidad la proliferación de productos no tiene freno. Con clientes que demandan cada vez más productos personalizados, los fabricantes han respondido con la personalización masiva e incluso con segmentos de mercado de uno (compañías que ven a cada cliente como un segmento de mercado independiente). Los productos que anteriormente eran genéricos ahora se fabrican a la medida para un cliente en específico. Por ejemplo, el número de estilos de tenis para correr que se venden en Estados Unidos pasó de cinco a principios de la década de los setenta a 300 para finales de los noventa. El incremento en la variedad de productos complica la cadena porque dificulta mucho más los pronósticos. Tiende a incrementar la incertidumbre, lo que daña tanto a la eficiencia como a la capacidad de respuesta dentro de la cadena.

CICLOS DECRECIENTES DE VIDA DE LOS PRODUCTOS

Además del incremento en la variedad de los tipos de productos, el ciclo de vida de éstos se ha venido reduciendo. En la actualidad, existen productos cuyos ciclos de vida pueden medirse en meses, en comparación con el antiguo estándar de años. No obstante, no se trata sólo de nichos de productos. Las computadoras personales ahora tienen un ciclo de vida de varios meses, e incluso algunos fabricantes de autos han disminuido el ciclo de vida de sus productos de un poco más de cinco años a tres años. Esta reducción en los ciclos de vida de los productos dificulta el trabajo de lograr el ajuste estratégico, porque la cadena debe adaptarse constantemente para fabricar y entregar nuevos productos, además de enfrentar la incertidumbre de la demanda de los productos. Los ciclos de vida más cortos incrementan la incertidumbre al tiempo que reducen la ventana de oportunidad dentro de la cual la cadena de suministro puede lograr el ajuste estratégico. Una mayor incertidumbre combinada con una ventana de oportunidad más pequeña ha puesto presión adicional sobre la cadena para coordinar y crear un buen ajuste entre la oferta y la demanda.

CLIENTES CADA VEZ MÁS EXIGENTES

Los clientes exigen sin cesar mejoras en los tiempos de entrega, costos y desempeño del producto. Si no reciben lo que desean, simplemente se van con otro proveedor. Muchas compañías tenían la práctica de incrementar periódicamente los precios, no por incrementos en la demanda o algún otro factor sino tan sólo porque esa era la manera de trabajar. Ahora, uno ve una y otra vez que las compañías no pueden forzar *cualquier* incremento de precio sin perder participación de mercado. En la actualidad, los clientes exigen surtido más rápido, mejor calidad y mejores productos por el mismo precio que solían pagar hace unos años. Este enorme crecimiento en las *demandas* del cliente (no necesariamente *demanda*) significa que la cadena de suministro debe proporcionar más sólo para mantenerse en el negocio.

FRAGMENTACIÓN DE LA PROPIEDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO

En las últimas décadas, la mayoría de las compañías se han integrado de manera más horizontal. Conforme se han desprendido de funciones no centrales, han sido capaces de tomar ventaja de las competencias del proveedor y del cliente que ellas mismas no tenían. Sin embargo, esta nueva estructura de propiedad ha hecho más difícil el manejo de la cadena. Al dividir la cadena en muchos propietarios, cada uno con sus propias políticas e intereses, ésta es más difícil de coordinar. En potencia, este problema podría provocar que cada etapa de la cadena trabaje sólo para sus objetivos en lugar de para toda la cadena, lo que da como resultado una reducción de la rentabilidad total.

GLOBALIZACIÓN

Quizá las cadenas de suministro son actualmente más globales que nunca. Establecer una cadena global crea muchos beneficios, así como la habilidad de aprovisionarse de una base global de

proveedores, quienes podrían ofrecer mejores productos o más baratos que los que estuvieran disponibles en el país de origen. Sin embargo, la globalización agrega estrés a la cadena, ya que sus instalaciones internas están separadas, lo que hace mucho más difícil la coordinación.

La globalización también ha incrementado la competencia, a medida que los jugadores nacionales, alguna vez protegidos, deben competir con compañías de todo el mundo. En el pasado, habiendo pocas compañías que satisfacían las necesidades del mercado, los clientes estaban dispuestos a tolerar tiempos de respuesta más largos. Sin embargo, ahora, en la mayoría de las industrias existen muchas compañías más que persiguen agresivamente los negocios de sus competidores. Esta situación competitiva hace que el desempeño de la cadena de suministro sea una clave para mantener y aumentar las ventas, aunque también agrega más estrés a las cadenas de suministro, lo que las fuerza a escoger sus balances incluso con más precisión.

DIFICULTAD PARA EJECUTAR NUEVAS ESTRATEGIAS

Crear una estrategia exitosa para una cadena de suministro no es fácil. Sin embargo, cuando se formula una buena estrategia, la ejecución puede ser mucho más difícil. Por ejemplo, el sistema de producción de Toyota, que es una estrategia de cadena de suministro, ha sido ampliamente conocido y entendido. Sin embargo, ha representado una ventaja competitiva sostenida para la compañía durante más de dos décadas. ¿Es tan brillante su estrategia que a nadie se le ha ocurrido? La verdad es que *es* brillante y a muchos se les ha ocurrido; sin embargo, la dificultad ha estribado en ejecutarla. Se requieren muchos empleados altamente talentosos en todos los niveles de la organización para hacer exitosa una cadena. Aunque en este libro tratamos principalmente sobre la formulación de la estrategia, se debe tener en mente que su ejecución hábil es tan importante como la estrategia misma.

Todos los obstáculos analizados con anterioridad están dificultando a las compañías lograr el ajuste estratégico en la cadena de suministro. Estos obstáculos representan también una enorme oportunidad en términos de mejoras sin explotar dentro de la cadena. El impacto cada vez mayor de estos obstáculos ha provocado que la administración de la cadena de suministro se convierta en uno de los principales factores del éxito o fracaso de las compañías.

PUNTO CLAVE Muchos obstáculos, como la creciente variedad de productos y ciclos de vida más cortos, han hecho cada vez más difícil que las cadenas de suministro logren su ajuste estratégico. Superarlos representa una enorme oportunidad para que las compañías empleen la administración de la cadena para lograr una ventaja competitiva.

3.10 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Identificar los principales impulsores del desempeño de la cadena de suministro.

   Los principales impulsores del desempeño de la cadena de suministro son las instalaciones, el inventario, la transportación, la información, el aprovisionamiento y la fijación de precios.
2. Analizar el papel que cada directriz desempeña en la creación del ajuste estratégico entre la estrategia de la cadena de suministro y la estrategia competitiva.

   Una compañía que logra el ajuste estratégico ha encontrado el equilibrio adecuado entre la capacidad de respuesta y la eficiencia. Cada directriz afecta este equilibrio. En general, tener más instalaciones provee de mayor capacidad de respuesta a la cadena de suministro, mientras que pocas instalaciones centralizadas crean una alta eficiencia. Mantener altos niveles de inventarios incrementa la capacidad de respuesta de una cadena de suministro, mientras que conservar bajos niveles incrementa la eficiencia. Usar medios de transporte rápidos aumenta la capacidad de respuesta de la cadena mientras que emplear métodos lentos incrementa la eficiencia. También invertir en información puede mejorar por mucho el desempeño en ambas dimensiones. Sin embargo, debe realizarse con base en la posición estratégica apoyada por las otras directrices. Las decisiones sobre el aprovisionamiento adecuado elevan las utilidades de la cadena al asignar las funciones de ésta a la parte correcta, quien aporta grandes economías de escala o un alto nivel de agregación de la incertidumbre. La fijación de precios se

emplea para captar al segmento de clientes adecuado. Los precios diferenciados se utilizan para atraer clientes que valoran la capacidad de respuesta como también consumidores que quieren eficiencia. La cadena puede, entonces, ser estructurada para proporcionar capacidad de respuesta a algunos clientes mientras mejora la eficiencia total.

3. Definir las medidas clave para dar seguimiento al desempeño de la cadena de suministro en términos de cada directriz.

   Las métricas relacionadas con las instalaciones son: capacidad, utilización, tiempo de flujo/ciclo real, eficiencia del tiempo de flujo, variedad de producto, contribución al volumen de 20% superior de SKU o de clientes, tiempo de procesamiento/preparación/descompostura/inactividad, tamaño promedio del lote de producción. Las medidas relacionadas con el inventario son: inventario promedio, productos con más de un número específico de días en inventario, tamaño promedio del lote de reabastecimiento, inventario de seguridad promedio, inventario estacional, tasa de surtido y fracción de tiempo de desabasto. Las medidas relacionadas con la transportación son: costo promedio del transporte entrante, tamaño promedio del embarque entrante, costo promedio del transporte entrante por embarque, costo promedio del transporte saliente, tamaño promedio del embarque saliente, costo promedio del transporte saliente por embarque y fracción transportada por modo. Las medidas relacionadas con la información son horizonte de pronóstico, frecuencia de actualización, error de pronóstico, factores estacionales, varianza del plan, cociente de la variabilidad de la demanda y la variabilidad de los pedidos. Las medidas relacionadas con el aprovisionamiento son días pendientes por pagar, precio promedio de compra, rango de precios de compra, cantidad promedio de compra, fracción de las entregas a tiempo, calidad del suministro, tiempo de espera del suministro. Las medidas relacionadas con la fijación de precios son: margen de utilidad, días de venta pendientes, costo fijo incremental por pedido, costo variable incremental por unidad, precio promedio de venta, tamaño promedio del pedido, rango del precio de venta, rango de ventas periódicas.

4. Describir los mayores obstáculos que se deben superar para administrar con éxito una cadena de suministro.

   La variedad cada vez mayor de productos, ciclos decrecientes de la vida de los productos, clientes cada vez más exigentes y la competencia global, en conjunto, hacen más difícil la creación de estrategias para la cadena de suministro, pues pueden obstaculizar su desempeño. El incremento en la globalización y la fragmentación de la propiedad de la cadena también dificultan la ejecución de tales estrategias.

Preguntas de discusión

1. ¿Cómo podría una tienda de comestibles usar el inventario para incrementar la capacidad de respuesta de la cadena de suministro de la compañía?
2. ¿Cómo podría un fabricante de automóviles utilizar la transportación para aumentar la eficiencia de su cadena?
3. ¿Cómo podría un fabricante de bicicletas emplear sus instalaciones para incrementar la capacidad de respuesta?
4. ¿Cómo podría un distribuidor de suministros industriales emplear la información para aumentar su capacidad de respuesta?
5. Motorola ha pasado de fabricar internamente todos sus teléfonos móviles a subcontratar prácticamente toda su fabricación. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de estos dos métodos?
6. ¿Cómo podría una compañía de entrega a domicilio como Peapod utilizar la política de precios en sus servicios para mejorar la rentabilidad?
7. ¿De qué manera la globalización ha hecho que el ajuste estratégico sea más importante en el éxito de la compañía?
8. ¿Cuáles son las industrias en las cuales los productos han proliferado y los ciclos de vida se han acortado? ¿Cómo se han adoptado las cadenas de suministro en estas industrias?
9. ¿Cómo pueden ser empleados un conjunto completo de directrices logísticas e interfuncionales para crear un ajuste estratégico para un fabricante de PC enfocado tanto en clientes sensibles al tiempo como conscientes del precio?

Bibliografía

Hofman, Debra, "The Hierarchy of Supply Chain Metrics", *Supply Chain Management Review,* septiembre de 2004, pp. 28-37.

Marien, Edward J., "The Four Supply Chain Enablers", *Supply Chain Management Review*, marzo-abril de 2000, pp. 60-68.

ESTUDIO DE CASO



SEVEN-ELEVEN JAPAN CO.

Fundada en 1973, Seven-Eleven Japón estableció su primera tienda en Kotu-ku, Tokio, en mayo de 1974. La compañía empezó a cotizar en la Bolsa de Valores de Tokio en octubre de 1979. En 2004 fue adquirida por el grupo Ito-Yokado, que también administraba una cadena de supermercados y tenía una participación mayoritaria de Southland, la compañía que administraba Seven-Eleven en Estados Unidos. Entre los años de 1985 y 2003, Seven-Eleven Japón tuvo un periodo de sorprendente crecimiento. Incrementó el número de tiendas de 2,299 a 10,303; sus ventas anuales aumentaron de 386 mil millones a 2,343,000 millones de yenes; y obtuvo un ingreso neto de 9 mil millones a 91,500 millones de yenes. Adicionalmente, el rendimiento del valor líquido promedió cerca de 14% entre 2000 y 2004. En este último año, Seven-Eleven Japón fue el minorista más grande de Japón en términos de ingreso de operación y número de tiendas. Las visitas de los clientes totalizaron 3,600 millones ese año, promediando casi 30 visitas a un Seven-Eleven por año para cada persona en Japón.

HISTORIA DE LA COMPAÑÍA Y PERFIL

Masatoshi Ito fundó tanto Ito-Yokado como Seven-Eleven Japón, quien empezó su imperio de tiendas después de la Segunda Guerra Mundial, al unirse a su madre y a su hermano mayor para trabajar en una pequeña tienda de ropa en Tokio. Para 1960, él tenía el control exclusivo y la pequeña tienda se había convertido en una compañía de 3 millones de dólares. Después de un viaje a Estados Unidos en 1961, Ito se convenció de que las grandes tiendas eran la onda del futuro. En esa época, Japón todavía seguía dominado por las tiendas populares. La cadena de supertiendas de Ito en el área de Tokio se volvió popular y pronto constituyó el centro de sus operaciones.

En 1972, Ito se acercó a Southland Corporation para hablar sobre la posibilidad de abrir tiendas de conveniencia Seven-Eleven en Japón. Después de rechazar su petición inicial, Southland accedió en 1973 a celebrar un contrato de licencia. A cambio de 0.6% de las ventas totales, Soutland le dio a Ito los derechos exclusivos en todo Japón. En mayo de 1974, se abrió la primera tienda Seven-Eleven en Tokio.

Este nuevo concepto fue un éxito inmediato y la cadena experimentó un rápido crecimiento. Para 1979 existían ya 591 tiendas Seven-Eleven; para 1984 eran 2,001. El rápido crecimiento continuó (véase la tabla 3-1), lo que dio como resultado que para 2004 hubiera 10,356 tiendas.

El 24 de octubre de 1990, Southland Corporation se acogió al capítulo de quiebra de Estados Unidos. Southland pidió la ayuda de Ito-Yokado. El 5 de marzo de 1991 se constituyó IYG Holding con Seven-Eleven Japón (48%) e Ito-Yokado (52%). IYG adquirió 70% de las acciones comunes de Southland por un precio de 430 millones de dólares.

En 2004, las operaciones de Seven-Eleven Japón y Seven-Eleven Inc. en Estados Unidos contribuyeron con 48.2% del total de los ingresos y 90.2% del total consolidado

TABLA 3-1 Tiendas y ventas anuales de Seven-Eleven Japón

Año	*Número de tiendas*	*Ventas anuales (mil millones de yenes)*	*Año*	*Número de tiendas*	*Ventas anuales (mil millones de yenes)*
1974	15	0.7	1989	3,954	780.3
1975	69	4.8	1990	4,270	931.9
1976	199	17.4	1991	4,629	1,081.8
1977	375	39.8	1992	5,058	1,194.9
1978	591	72.5	1993	5,475	1,281.9
1979	801	109.8	1994	5,905	1,392.3
1980	1,040	153.6	1995	6,373	1,477.1
1981	1,306	202.1	1996	6,875	1,609.0
1982	1,643	256.5	1997	7,314	1,740.9
1983	2,001	319.0	1998	7,732	1,848.1
1984	2,299	386.7	1999	8,153	1,963.9
1985	2,651	453.6	2000	8,602	2,046.6
1986	2,964	521.9	2001	9,060	2,114.0
1987	3,304	599.1	2002	9,690	2,213.2
1988	3,653	686.3	2003	10,303	2,343.2

de ingresos de operación del grupo Ito Yokado. Seven-Eleven Japón contribuyó con 87.6% del ingreso total recibido de las tiendas por Ito Yokado. Efectivamente, Seven-Eleven Japón se ha convertido en la parte dominante del grupo de Yokado.

LA INDUSTRIA DE LAS TIENDAS DE CONVENIENCIA Y SEVEN-ELEVEN EN JAPÓN

En Japón, el sector de las tiendas de conveniencia fue una de las pocas áreas de negocios que continuaron creciendo durante la década de crisis de los noventa. De 1991 a 2002, el número de tiendas se incrementó de 19,603 a 42,000. Como porcentaje de todas las tiendas minoristas en Japón, esto representó un incremento de 1.2 a 3.2%. Durante ese periodo, las ventas anuales de las tiendas de conveniencia se duplicaron, de poco más de 3 billones a 6.7 billones de yenes. Como porcentaje de todas las ventas al menudeo, esto representó un incremento de 2.2% a 5.0%.

Este sector se consolidó gradualmente, con grandes jugadores que crecían y pequeños operadores que cerraban. En 2004, las 10 principales cadenas de tiendas de conveniencia representaban cerca de 90% de todas las tiendas de conveniencia en Japón. Conforme las tiendas mejoraban sus estructuras de operación y aprovechaban mejor sus economías de escala, los pequeños operadores tuvieron dificultades para competir.

Seven-Eleven Japón incrementó su participación de mercado desde que abrió. En 2002, era el operador líder del mercado de las tiendas de conveniencia, contabilizando 21.7% de todas las tiendas y 31.5 de todas las ventas. Era muy eficaz en términos de ventas de la misma tienda. En 2004, el promedio de ventas diarias de las cuatro cadenas principales sin Seven-Eleven totalizaron 484,000 yenes. Por el contrario, Seven-Eleven tenía ventas diarias por 647,000 yenes, 30% más alto que toda la competencia junta. En 2004, el ingreso operativo de 165,700 millones de yenes la posicionó como líder no sólo del sector de su industria, sino de toda la industria minorista. En términos de crecimiento, su desempeño fue incluso más impresionante. En ese mismo año, contabilizó 60% del incremento neto total en el número de tiendas entre las 10 cadenas principales de tiendas de conveniencia de Japón. Este incremento se había planeado cuidadosamente, explotando las fortalezas principales que Seven-Eleven Japón había desarrollado en las áreas de sistemas de información y distribución.

EL SISTEMA DE FRANQUICIAS

Seven-Eleven Japón desarrolló una red enorme de franquicias y desempeñó un papel clave en las operaciones diarias de esta red. La red incluía tanto las tiendas propiedad de la compañía y las franquicias de terceros. En 2004, las comisiones de las franquicias contabilizaron cerca de 68% del ingreso de operación. Para asegurar su eficiencia, basó su política principal de expansión de red en la estrategia de dominación del mercado. La entrada a cualquier nuevo mercado era construida alrededor de un grupo de 50 a 60 tiendas apoyadas por un centro de distribución. Tales grupos le dieron una presencia de mercado de densidad alta y le permitieron operar un sistema de distribución eficiente. En su informe anual de 1994, mostró las siguientes seis ventajas de la estrategia de dominación del mercado:

- Aumentó la eficiencia en la distribución
- Mejoró la conciencia de la marca
- Incrementó la eficiencia del sistema
- Mejoró la eficiencia de los servicios de apoyo a franquicias
- Mejoró la efectividad de la publicidad
- Impidió la entrada de competidores al área dominante

Con apego a su estrategia de dominación, abrió la mayoría de sus tiendas en áreas con grupos de tiendas existentes. Por ejemplo, la prefectura Aichi, donde empezó a abrir tiendas en 2002 vio un gran incremento en 2004 con 108 nuevas tiendas. Esto representó más de 15% de nuevas tiendas abiertas en Japón ese año.

Geográficamente, Seven-Eleven tiene presencia limitada en Japón. En 2004 la compañía tenía tiendas en cerca de 70% (32 de 47) de las prefecturas dentro de Japón. Sin embargo, dentro de las prefecturas donde tenía presencia, las tiendas tendían a ser densas. En el informe anual de 2004 señaló que "llenar todo el mapa de Japón no es nuestra prioridad. En lugar de ello, buscamos la demanda donde ya existen tiendas Seven-Eleven, con base en nuestra estrategia fundamental de área dominante para concentrar las tiendas en áreas específicas".

Con franquicias altamente codiciadas, menos de 1 por cada 100 solicitantes recibía una franquicia (un testamento de rentabilidad de la tienda). Al propietario de la franquicia se le pedía que pagara por adelantado una cantidad significativa de dinero. La mitad se empleaba para preparar la tienda y capacitar al propietario. El resto se destinaba a comprar el inventario inicial. En 1994, 45% de las ganancias brutas totales de la tienda fueron para Seven-Eleven Japón y el resto fue para el propietario. Las responsabilidades de las dos partes fueron como se describe a continuación.

Responsabilidades de Seven-Eleven Japón

- Desarrollar suministro y mercancías
- Proporcionar el sistema de órdenes
- Pagar la operación del sistema
- Proveer servicios de contabilidad
- Proporcionar publicidad
- Instalar y remodelar instalaciones
- Pagar 80% de los costos de los servicios públicos

Responsabilidades del franquiciante

- Operar y administrar la tienda
- Contratar y pagar personal
- Ordenar suministros
- Mantener la apariencia de la tienda
- Impidió la entrada de competidores al área dominante

TABLA 3-2 Estadísticas financieras de Seven-Eleven Japón (2000-2004)

Para los ejercicios fiscales anuales que terminaron el 28/29 de febrero	*2000*	*2001*	*2002*	*2003*	*2004*
Ventas netas (miles de millones de yenes)	1,964.0	2,046.6	2,114.0	2,213.3	2,343.2
Ingresos (miles de millones de yenes)	327.0	346.9	365.9	400.7	445.4
Ingreso ordinario (miles de millones de yenes)	140.2	147.2	153.8	159.6	168.9
Ingreso neto (miles de millones de yenes)	68.2	78.4	83.2	86.5	91.5
Número de tiendas	8,153	8,602	9,060	9,690	10,303

INFORMACIÓN Y CONTENIDO DE LAS TIENDAS

Seven-Eleven tenía 10,303 tiendas en Japón y Hawai en 2003 (véase la tabla 3-2). En 2004, Seven-Eleven Japón cambió el tamaño estándar de las nuevas tiendas de 125 m^2 a 150 m^2, todavía significativamente más pequeñas que el tamaño de la mayoría de las tiendas en Estados Unidos. Las ventas diarias en la tienda promediaban 647,000 yenes (cerca de 6,100 dólares), lo cual era casi el doble del promedio de la tienda estadounidense.

Seven-Eleven Japón ofrecía a sus tiendas la oportunidad de elegir entre un conjunto de 5,000 SKU. Cada tienda vendía en promedio cerca de 3,000 SKU dependiendo de la demanda de los clientes locales. Seven-Eleven enfatizaba las mercancías regionales para satisfacer con más precisión las preferencias locales. Cada tienda vendía productos alimenticios, bebidas, revistas y artículos de consumo como jabones y detergentes. Las ventas por categorías de productos de 2002 a 2004 se muestran en la tabla 3.3.

Los productos alimenticios se clasificaban en cuatro categorías generales: (1) artículos fríos incluyendo sándwiches, productos delicatessen y leche; (2) artículos calientes, incluyendo cajas de almuerzos, bolas de arroz y pan recién horneado; (3) artículos congelados como helados, comida congelada y cubos de hielo; (4) artículos a temperatura ambiente, por ejemplo, comida enlatada, sopas instantáneas y sazonadores. La comida procesada y los artículos de comida rápida fueron los grandes vendedores de las tiendas, sólo en 2004 contribuyeron con alrededor de 60% del total de las ventas de cada tienda. Más de 1 mil millones de bolas de arroz se vendieron; cantidad equivalente a que cada ciudadano japonés comiera cerca de ocho bolas de Seven-Eleven cada año. Los productos de mayor venta en la categoría de comida rápida fueron las cajas de almuerzo, las bolas de arroz, los productos a base de pan y las pastas. En febrero de ese mismo año, Seven-Eleven tenía 290 plantas manufactureras que producían solo comida rápida para sus tiendas.

Otros productos vendidos en las tiendas fueron las bebidas gaseosas, bebidas nutricionales, bebidas alcohólicas como cerveza y vino, juegos para computadora, CD de música y revistas.

En 2004, Seven-Eleven se enfocó en incrementar el número de artículos originales que estuvieran disponibles sólo en sus tiendas. En esa época, este tipo de artículos sólo contabilizaba aproximadamente 52% de las ventas totales de la tienda. La compañía se enfocó en incrementar el porcentaje a 60% en el mediano y largo plazo.

SERVICIOS DE LAS TIENDAS

Además de los productos, Seven-Eleven Japón gradualmente agregó una variedad de servicios que los clientes podían obtener en sus tiendas. En octubre de 1987, fue el pago de las facturas de Tokio Electric Power. Más adelante extendió los servicios por los cuales los clientes podían pagar sus facturas incluyendo gas, primas de seguros y teléfono. Con más horas de operación y ubicaciones que los bancos y otras instituciones financieras, el servicio de pago de facturas atrajo a millones de clientes adicionales cada año. En abril de 1994 empezó a aceptar pagos en abonos a nombre de compañías de crédito y en noviembre comenzó a vender pases para el telesquí. En 1995 aceptaba ya el pago de compras por correo. Esto se expandió en noviembre de 1999, para incluir pagos por compras realizadas en Internet. En agosto de 2000, se estableció una compañía de servicio de entrega de comida a domicilio, Seven-Meal Service Co. Ltd., para atender a la población de edad avanzada. En 2001, se estableció el IYBank Co. a través de una inversión conjunta con Ito Yokado. Para abril de 2004 se habían instalado cajeros automáticos (ATM) en 75% de toda la red de tiendas en Japón, con la meta de llegar al 100%.

Otros servicios que se ofrecen es el de fotocopiado, venta de boletos mediante copiadoras multifuncionales y el de ser un punto de recolección para las empresas de mensajería que por lo general no dejan el paquete fuera si el cliente no está en casa. El mayor impulso para ofrecer estos servicios fue convertir a la cadena de tiendas en lugares más convenientes para comprar. Varios de estos servicios explotan el sistema de Información Total Existente (véase el siguiente texto) en la tienda.

En febrero de 2000, Seven-Eleven Japón fundó una compañía de comercio electrónico llamada 7dream.com. La meta fue explotar el sistema de distribución existente y el hecho de que las tiendas eran fácilmente accesibles para la mayoría de los japoneses. Las tiendas servían como puntos de entrega y recolección para los clientes japoneses. Una encuesta realizada por eSBook (una empresa conjunta entre Softbank, Seven-Eleven Japón, Yahoo!Japón y la editorial Tohan) descubrió que 92% de sus clientes preferían recoger

TABLA 3-3 Ventas por categorías de productos entre 2002 y 2004

	2002				***2003***				***2004***			
	Ventas (mil millones de yenes)	***Margen bruto (porcentaje)***	***Porcentaje de las ventas totales***	***Porcentaje de incremento respecto al año anterior***	***Ventas (mil millones de yenes)***	***Margen bruto (porcentaje)***	***Porcentaje de las ventas totales***	***Porcentaje de incremento respecto al año anterior***	***Ventas (mil millones de yenes)***	***Margen bruto (porcentaje)***	***Porcentaje de las ventas totales***	***Porcentaje de incremento respecto al año anterior***
Alimentos procesados	681.5	34.4	32.0	5.3	696.0	34.9	31.2	2.1	725.4	36.0	30.8	4.2
Comida rápida	642.2	32.3	30.2	3.1	674.7	32.4	30.3	5.1	704.4	32.2	29.9	4.4
Alimentos frescos	264.9	30.5	12.4	3.3	284.0	30.9	12.7	7.2	305.0	31.1	12.9	7.4
Productos no alimenticios	540.2	22.9	25.4	1.7	573.6	22.6	25.8	6.2	624.0	22.1	26.4	8.8
Total	2,128.7	30.4	100.0	3.5	2,228.2	30.5	100.0	4.7	2,358.8	30.6	100.0	5.9

sus compras realizadas en línea en la tienda de la esquina, en lugar de que se las entregaran en su casa. Esto era entendible dada la frecuencia con que los clientes japoneses visitaban la tienda. 7dream esperaba construir sobre esta preferencia junto con el sistema de distribución existente.

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRADA DE TIENDAS

Desde el comienzo, Seven-Eleven Japón buscó simplificar sus operaciones empleando tecnología de la información avanzada. Ha atribuido una parte significativa de su éxito al Sistema de Información Total que instaló en cada tienda y que vinculó a sus oficinas generales, proveedores y los centros de distribución. La primera red en línea de este tipo se estableció en 1979, sin embargo, no recolectó información de sus puntos de venta (POS). En 1982, Seven-Eleven se volvió la primera cadena en Japón en introducir un sistema POS que incluyera las cajas registradoras de los POS y el equipo de control de la terminal. En 1985 desarrolló, en unión con NEC, computadoras personales empleando gráficas a color que se instalaron en cada tienda y se conectaron a las cajas registradoras de los POS. Estas computadoras también unían en red a la tienda con la oficina central y también con los vendedores. Hasta julio de 1991, la oficina central, las tiendas, los centros de distribución y los proveedores estaban unidos sólo por una red analógica tradicional. En ese tiempo, se instaló una red digital de servicios integrados (ISDN, por sus siglas en inglés), uniendo más de 5,000 tiendas y volviéndose uno de los sistemas ISDN más grandes de ese momento.

La capacidad de comunicación en línea de alta velocidad y de dos vías del ISDN permitió a Seven-Eleven Japón recolectar, procesar y alimentar la información de los POS con mucha rapidez. Se recolectaba la información sobre las ventas de cada tienda hasta las 11 de la noche, se procesaba y se ponía a disposición para su análisis a la mañana siguiente. En 1997 introdujo su quinta generación del Sistema de Información Total, el cual todavía estaba en uso en 2004.

En 1994, el sistema incluía lo siguiente:

- ***Terminal gráfica de pedidos:*** Éste fue un dispositivo portátil con una gran pantalla gráfica, empleado por el propietario de la tienda o el gerente para colocar pedidos. Los artículos eran almacenados y sacados en el orden en los cuales eran colocados en los estantes. El gerente caminaba por los pasillos y colocaba los pedidos por artículo. Al colocar un pedido, el gerente tenía acceso (desde la computadora de la tienda) a un análisis detallado de la información de los POS relacionada con el artículo en particular. Éste incluía un análisis de las ventas por categoría del producto y SKU a lo largo del tiempo, análisis de desperdicio, tendencias de los últimos 10 días por SKU, tendencias de nuevos productos, análisis de venta por día y hora, lista de los artículos de movimiento lento, análisis de ventas y número de clientes a lo largo del tiempo, contribución del producto a las secciones en los aparadores de la tienda y el crecimiento de las ventas por categoría de producto. El gerente empleaba esta información para colocar su pedido, el cual se introducía directamente en la terminal. Una vez que se colocaban los pedidos, la terminal se conectaba a su base, momento en el cual las órdenes se transmitían a través de la computadora tanto al vendedor apropiado como al centro de distribución de Seven-Eleven.
- ***Terminal de escáner:*** Estos escáneres leían códigos de barra y registraban el inventario. Se empleaban para recibir productos que provenían de los centros de distribución. Esto se verificaba de manera automática contra el pedido colocado previamente, para conciliarlos. Antes de que las terminales de escáner se introdujeran, los conductores de los camiones esperaban en la tienda hasta que la entrega fuera verificada. Una vez que se introdujeron, el conductor simplemente dejaba la carga en la tienda y el gerente la recibía en un momento adecuado cuando hubiera pocos clientes. También se usaron para examinar el inventario en la tienda.
- ***Computadora de tienda:*** Ésta se unía a la red ISDN, a la registradora del POS, a la terminal gráfica y al escáner. Comunicaba entre las diversas fuentes de entrada, daba seguimiento al inventario y a las ventas, colocaba pedidos, proporcionaba un análisis detallado de la información de los POS y mantenía y regulaba el equipo de la tienda.
- ***Registro de POS:*** Para entender mejor el funcionamiento de esta red de información, es necesario considerar una muestra de las operaciones diarias. Tan pronto como un cliente compraba un artículo y lo pagaba en la registradora del POS, la información del artículo se sacaba de la computadora de la tienda y la hora de la venta se registraba de manera automática. Para hacer esto, el cajero empleaba cinco claves de registro para las categorías: menos de13, 13-19, 20-29, 30-49 y más de 50. Esta información se transmitía en línea automáticamente a un servidor anfitrión. Toda la información sobre las ventas recolectada antes de las 11 de la noche se organizaba y se ponía a disposición para su análisis a la mañana siguiente para que fuera evaluada por compañía, distrito y tienda.

La información analizada y actualizada luego se enviaba de regreso a las tiendas a través de la red. Cada computadora actualizaba automáticamente su archivo maestro de productos para analizar sus ventas recientes y movimientos de inventario. El objetivo principal del análisis era mejorar el proceso de ordenar. Toda esta información estaba disponible en la terminal gráfica de pedidos para emplearla en la colocación de pedidos.

El sistema de información permitió a las tiendas sincronizar mejor la oferta y la demanda. El personal de la tienda podía ajustar la mezcla de la mercancía en los estantes de acuerdo con los patrones de consumo a lo largo del día. Por ejemplo, los artículos populares para desayunar se abastecían temprano durante el día, mientras que los de la cena, en la tarde. La identificación de artículos lentos o sin movimiento permitió a la tienda convertir éstos en espacio de anaquel

e introducir nuevos productos. Más de 50% de los artículos que se vendieron en las tiendas cambiaron en el curso de un año. Esto se debió en parte a la demanda estacional y parcialmente a nuevos productos. Cuando se introducía un nuevo producto, la decisión de continuar abasteciéndolo se tomaba dentro de las tres primeras semanas. Cada artículo del anaquel contribuía a las ventas y al margen y no se desperdiciaba espacio valioso.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE SEVEN-ELEVEN

El sistema de distribución de Seven-Eleven estaba estrechamente vinculado a la cadena de suministro en todas las categorías de productos. Los centros de distribución y la red de información desempeñaban un papel clave a este respecto. El mayor objetivo era dar seguimiento a las ventas con sumo cuidado y ofrecer ciclos de tiempo de reabastecimiento cortos. Esto permitió al gerente de la tienda pronosticar con precisión las ventas correspondientes a cada pedido.

Desde marzo de 1987, ofreció entregas a la tienda tres veces al día de todos los platos de arroz (los cuales constituían la mayoría de los artículos de comida rápida que se vendían en las tiendas). El pan y otros alimentos frescos se entregaban dos veces al día. El sistema de distribución era suficientemente flexible para alterar los programas de entrega dependiendo de la demanda del cliente. Por ejemplo, los helados eran entregados diariamente durante el verano pero sólo tres veces a la semana en otras estaciones. El tiempo del ciclo de abastecimiento para artículos frescos y artículos de comida rápida se habían acortado a menos de 12 horas. Un pedido de bolas de arroz hecho a las 10 de la mañana se entregaba antes de la hora pico.

Como se analizó antes, el gerente de la tienda utilizaba una terminal gráfica para colocar los pedidos. A todas las tiendas se les fijaban horas límite para órdenes de desayuno, almuerzo y cena. Cuando se colocaba un pedido, se transmitía de manera inmediata al proveedor como también al centro de distribución. El proveedor recibía las órdenes de todas las tiendas y comenzaba la producción para surtirlas, luego las enviaba por camión a los centros de distribución. Cada pedido de la tienda era separado a fin de que el centro de distribución pudiera asignarlo con facilidad al camión adecuado de la tienda empleando la información del pedido que ya se tenía. La clave para la entrega en la tienda era lo que Seven-Eleven llamaba el sistema de entrega combinado. En los centros de distribución, la entrega de productos de diferentes proveedores (por ejemplo, leche y sándwiches) se enviaba a un camión con temperatura controlada. Había cuatro categorías para los camiones de temperatura controlada: comida congelada, comida fría, comida procesada y comida caliente. Cada camión hacía entregas a múltiples tiendas y el número de tiendas por camión dependía del volumen de las ventas. Todas las entregas se realizaban durante las horas no pico y se recibían empleando terminales de escáner. El sistema funcionaba con base en la confianza y no requería que la persona que entregaba estuviera presente cuando el personal escaneaba la entrega, con lo que se redujo el tiempo de entrega en cada una de las tiendas.

Este sistema de distribución permitió a Seven-Eleven reducir el número de vehículos requeridos para el servicio de entrega diaria a cada tienda, aun cuando la frecuencia de entrega de cada artículo era algo alta. En 1974, 70 vehículos visitaron cada tienda todos los días. En 1994, solo 11 fueron necesarios. Esto redujo drásticamente los costos de entrega y permitió una entrega rápida de una variedad de productos frescos.

Para febrero de 2004, Seven-Eleven Japón tenía un total de 290 plantas de manufactura dedicadas en todo el país que producían sólo comida rápida para sus tiendas. Estos artículos se distribuían a través de 293 centros de distribución dedicados (CD) que aseguraba una entrega rápida y confiable. Ninguno de estos CD mantenía inventario; simplemente transferían el inventario del camión del proveedor a camiones de distribución de Seven-Eleven. La transportación era proporcionada por Trasnsfleet Ltd., una compañía establecida por Mitsui and Co. para el uso exclusivo de Seven-Eleven Japón.

7-ELEVEN EN ESTADOS UNIDOS

Seven-Eleven se ha expandido rápidamente alrededor del mundo (véase la tabla 3-4). El mayor crecimiento se dio en Asia, aunque Estados Unidos continuó siendo el segundo mercado más grande. Una vez que Seven-Eleven Japón adquirió Southland Corporation, se propuso mejorar las operaciones en Estados Unidos. En los primeros años, varias tiendas se cerraron, pero para 1998 su número empezó a crecer. Históricamente, la estructura de distribución en ese país era

TABLA 3-4 Distribución global de tiendas de Seven-Eleven en 2004

País	*Tiendas*
Japón	10,615
Estados Unidos	5,798
Taiwan	3,680
Tailandia	2,861
Corea del Sur	1,179
China	808
México	491
Canadá	488
Malasia	460
Australia	345
Singapur	261
Filipinas	257
Noruega	78
Suecia	74
Turquía	65
Dinamarca	46
Puerto Rico	12
Guam	8
Total	27,526

por completo diferente a la de Japón. Las tiendas eran reabastecidas mediante la entrega directa en tienda (EDT) por algunos fabricantes y el resto de los productos eran entregados por mayoristas. Las EDT representaban cerca de la mitad del volumen total y el resto provenía de mayoristas.

En 2000, con el objetivo de introducir productos "frescos", Seven-Eleven introdujo el concepto de centros de distribución combinada (CDC). Para 2003, tenía 23 CDC ubicados en todo Estados Unidos que apoyaban a cerca de 80% de la red de tiendas. Los CDC entregaban artículos frescos como sándwiches, productos de repostería, pan y otros artículos perecederos del mismo día. Una variedad de proveedores de comida fresca enviaban el producto al CDC a lo largo del día, donde era clasificado para entregarlo en las tiendas por la noche. Las peticiones de los gerentes de tienda se enviaban al CDC más cercano, y para las 10 de la noche los productos estaban en ruta hacia las tiendas. Las ventas de productos frescos en Estados Unidos rebasaron los 450 millones de dólares en 2003. Durante ese periodo, la EDT por los fabricantes y los mayoristas también continuó.

Éste fue un periodo en el que 7-Eleven trabajó arduamente para introducir los artículos de comida frescos con el objetivo de competir de manera más directa con los similares de Starbucks que con las tiendas tradicionales de las estaciones de servicio. En Estados Unidos, más de 68% de sus ventas provenían de productos no relacionados con el combustible en comparación con el resto de la industria, para la cual este número estaba más cercano a 35%. La meta fue continuar incrementando las ventas en las categorías de comida fresca y comida rápida.

En 2003, los ingresos en Estados Unidos y Canadá totalizaron 10,900 millones de dólares, con cerca de 69% proveniente de mercancía y el resto de la venta de gasolina. La tasa de rotación de inventario en Estados Unidos en 2004 fue de 19%, en comparación al 50% en Japón. Sin embargo, este desempeño representó una mejora significativa en ese país, donde la rotación de inventario en 1992 era alrededor de 12%.

PREGUNTAS DE ESTUDIO

1. Una cadena de tiendas de conveniencia trata de ofrecer capacidad de respuesta y proporcionar a los clientes lo que necesitan, cuando lo necesitan, donde lo necesitan. ¿De qué otras maneras pueden ser tener capacidad de respuesta las tiendas de este tipo? ¿Cuáles son los riesgos en cada caso?
2. La estrategia de cadena de suministro de Seven-Eleven en Japón se describe como un intento de equiparar a escala micro la oferta y la demanda empleando el reabastecimiento rápido. ¿Cuáles son algunos riesgos asociados con esta decisión?
3. ¿Qué ha hecho Seven-Eleven en su selección de la ubicación de instalaciones, administración del inventario, transportación, e infraestructura de la información para desarrollar las capacidades que soportan la estrategia de su cadena de suministro en Japón?
4. Seven-Eleven no permite la entrega directa en tienda en Japón pero todos los productos fluyen a través de su centro de distribución. ¿Qué beneficios obtiene de esta política? ¿Cuándo es más apropiada la entrega directa en tienda?
5. ¿Qué piensa acerca del concepto 7dream para Seven-Eleven Japón? Desde una perspectiva de la cadena de suministro, ¿es posible ser más exitoso en Japón o en Estados Unidos? ¿Por qué?
6. Seven-Eleven está tratando de duplicar en Estados Unidos la estructura de la cadena de suministro que ha tenido éxito en Japón con la introducción de los CDC. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este método? Tenga en mente que las tiendas también son reabastecidas por mayoristas y fabricantes que usan EDT.
7. Estados Unidos tiene distribuidores de servicios alimentarios que también reabastecen las tiendas de conveniencia. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de tener un distribuidor que reabastezca las tiendas de conveniencia en comparación con una compañía como Seven-Eleven que administra su propia función de distribución?

PARTE II

DISEÑO DE LA RED DE LA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 4
DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y APLICACIONES DE COMERCIO ELECTRÓNICO

CAPÍTULO 5
DISEÑO DE REDES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 6
DISEÑO DE REDES EN UN AMBIENTE DE INCERTIDUMBRE

El objetivo de los capítulos de la parte II es analizar el conjunto de marcos y herramientas empleados para diseñar redes de cadenas de suministro. Las decisiones sobre el diseño de tales redes se encuentran entre las más importantes de la cadena, puesto que sus implicaciones son significativas y de larga duración. En el diseño de una cadena de suministro, debemos considerar cómo todas las directrices —instalaciones, transporte, inventario, información, aprovisionamiento y costos— deben usarse en conjunto para apoyar la estrategia competitiva de la empresa y maximizar los objetivos de la misma.

El capítulo 4 explora cómo diseñar una red de distribución. Se presentan varios modelos de redes, junto con un análisis de las ventajas y desventajas de cada modelo. Este capítulo incluye un análisis profundo del diseño de redes de distribución en el contexto del comercio electrónico (e-business). El capítulo 5 considera las decisiones relacionadas con las instalaciones que la compañía debe tomar al diseñar su red de cadena de suministro. Se desarrolla un marco para las decisiones acerca de las instalaciones y se describen las metodologías para ubicarlas y distribuir su capacidad y los mercados de cada una. El capítulo 6 resalta cómo las incertidumbres en la demanda y los factores financieros tales como los precios, tipos de cambio e inflación deben tenerse en cuenta en la toma de decisiones. Asimismo, se analizan las metodologías para evaluar el diseño de redes bajo incertidumbre y luego la manera en que éstas se emplean para evaluar varias decisiones de diseño.

CAPÍTULO 4
DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y APLICACIONES DE COMERCIO ELECTRÓNICO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Identificar los factores clave a considerar al diseñar una red de distribución.
2. Discutir las fortalezas y debilidades de varias opciones de distribución.
3. Entender cómo el comercio electrónico ha afectado el diseño de las redes de distribución en las diferentes industrias.

En este capítulo analizamos el papel de la distribución dentro de una cadena de suministro e identificamos los factores que deben considerarse al diseñar la red de distribución. Identificamos varios diseños potenciales y evaluamos las fortalezas y debilidades de cada opción. Aplicamos estas ideas al análisis de la evolución de las redes de distribución de varias industrias desde el surgimiento del comercio electrónico (e-business). Nuestra meta es proporcionar a los gerentes un marco lógico para seleccionar la red de distribución apropiada dados producto, competencia y características del mercado.

4.1 EL PAPEL DE LA DISTRIBUCIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La *distribución* se refiere a los pasos a seguir para mover y almacenar un producto desde la etapa del proveedor hasta la del cliente en la cadena de suministro y ocurre entre cada par de etapas. Las materias primas y los componentes se mueven de proveedores a fabricantes, mientras que los productos terminados se mueven del fabricante al consumidor final. La distribución es una directriz clave de la rentabilidad total de la compañía, debido a que afecta de manera directa tanto los costos de la cadena como la experiencia del cliente. Los costos relacionados constituyen cerca de 10.5% de la economía de Estados Unidos y aproximadamente 20% del costo de fabricación. Para las materias primas, la distribución constituye una fracción aún más alta del costo del producto. En la India, el costo de la distribución saliente del cemento es alrededor de 30% del costo de producirlo y venderlo.

No sería exagerado afirmar que dos de las compañías más rentables del mundo, Wal-Mart y Seven-Eleven Japón, han forjado el éxito de todo su negocio alrededor de un diseño de distribución y operación sobresaliente. En el caso de Wal-Mart, la distribución le permite proporcionar altos niveles de disponibilidad de productos relativamente comunes a muy bajo costo. Mientras que Seven-Eleven Japón proporciona una gran capacidad de respuesta al cliente a un costo razonable.

La red de distribución adecuada se emplea para lograr una variedad de objetivos de la cadena de suministro que van desde un bajo costo hasta una gran capacidad de respuesta. Como resultado, las compañías de la misma industria con frecuencia seleccionan redes muy diferentes.

A continuación analizamos ejemplos de la industria que resaltan la variedad de opciones en redes y los temas que surgen al seleccionar entre dichas opciones.

Dell distribuye sus computadoras personales (PC) directamente a los consumidores finales, en tanto compañías como HP distribuyen a través de minoristas. Los clientes de la primera esperan varios días para recibir su PC, en tanto que los segundos se la llevan de inmediato. Gateway abrió tiendas donde los clientes podían examinar los productos y recibir ayuda de los vendedores para configurar sus PC de modo que satisficieran sus necesidades. Sin embargo, Gateway decidió no vender sus productos ahí, ya que todas las PC se enviaban desde la fábrica al cliente. En 2001 cerró varias de estas tiendas debido a su pobre desempeño financiero. Apple Computer, por el contrario, ha abierto muchas tiendas minoristas para vender sus computadoras. Como podemos observar, estas compañías han seleccionado diferentes modelos de distribución. ¿Cómo podemos evaluar esta amplia gama de opciones de distribución? ¿Cuál sirve mejor a las compañías y a los clientes?

P&G se decidió por distribuir directamente a las grandes cadenas de supermercados, al tiempo que obliga a los pequeños comercios a comprar sus productos a los distribuidores. Los productos se mueven directamente desde P&G a las grandes cadenas, pero pasan por una etapa adicional cuando van a pequeños supermercados. Texas Instruments, que una vez solía vender directamente, ahora vende cerca de 30% de su volumen a 98% de los clientes a través de distribuidores, mientras que atiende el 2% restante con 70% de su volumen de manera directa.[1] ¿Qué valor proporcionan estos distribuidores? ¿Cuándo debería incluir una red una etapa adicional tal como un distribuidor? Los partidarios del comercio electrónico han predicho la desaparición de los intermediarios tales como los distribuidores. ¿Por qué se han equivocado en muchas industrias? Los distribuidores desempeñan un papel más significativo para la distribución de bienes de consumo en un país como la India en comparación con Estados Unidos. ¿Por qué podría ser éste el caso?

W.W. Grainger almacena cerca de 100,000 SKU que puede enviar a los clientes un día después de colocar el pedido. Los productos de bajo movimiento restantes no se almacenan, sino que el fabricante los envía de manera directa cuando el cliente coloca el pedido. Éste tarda varios días en recibir el producto en este caso. ¿Son estas opciones apropiadas? ¿Cómo pueden justificarse?

Como ilustran los ejemplos anteriores, las compañías seleccionan muchas opciones diferentes al diseñar su red de distribución. Una red deficiente puede dañar el nivel de servicio que los clientes quieren recibir e incrementar el costo. Una red inapropiada puede tener un efecto negativo considerable en la rentabilidad de la compañía, como es evidente en el fracaso de muchas compañías de empresa a consumidor (B2C) como Webvan. La opción adecuada de la red de distribución es la que satisface las necesidades del cliente al menor costo posible.

En la siguiente sección identificamos las medidas del desempeño que necesitan considerarse al diseñar la red de distribución.

4.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

Al nivel más alto, el desempeño de una red de distribución debe ser evaluado en dos dimensiones.

1. Las necesidades del cliente que se satisfacen
2. El costo de satisfacer las necesidades del cliente

[1] *A Tale of Two Electronic Component Distributors*, Ananth Raman y Bharat P. Rao, Harvard Business School, Caso 9-697-064, 1997.

De esta manera, la compañía debe evaluar el impacto sobre el servicio al cliente y el costo mientras compara las diferentes opciones de redes. Las necesidades del cliente que se satisfacen influyen en los ingresos que, junto con el costo, deciden la rentabilidad de la red de entregas.

Aunque el servicio al cliente consta de muchos componentes, nos enfocamos en aquellas medidas que influyen en la estructura de la red de distribución. Éstas son:

- Tiempo de respuesta
- Variedad de producto
- Disponibilidad del producto
- Experiencia del cliente
- Tiempo para llegar al mercado (time to market)
- Visibilidad del pedido
- Retornabilidad

El tiempo de respuesta es la cantidad de tiempo que tarda un cliente en recibir un pedido. La variedad de producto se refiere al número de productos/configuraciones diferentes que ofrece la red de distribución. La disponibilidad del producto es la probabilidad de tener el producto en inventario cuando el cliente coloque el pedido. La experiencia del cliente incluye la facilidad con que los clientes pueden colocar y recibir los pedidos, así como el grado hasta el cual esta experiencia es personalizada. También incluye aspectos puramente de la experiencia, como la posibilidad de conseguir una taza de café y el valor que el personal de ventas proporciona. El tiempo para llegar al mercado (time to market) es el lapso que transcurre para llevar un nuevo producto al mercado. Visibilidad del pedido es la capacidad de los clientes de dar seguimiento a sus pedidos desde la colocación hasta la entrega. Retornabilidad es la facilidad con la cual un cliente puede regresar la mercancía que no le satisface y la habilidad de la red para manejar las devoluciones.

A primera vista pudiera parecer que el cliente siempre quiere el nivel más alto de desempeño a lo largo de todas estas dimensiones. En la práctica, sin embargo, no es el caso. Los clientes que ordenan un libro de Amazon.com están dispuestos a esperar más tiempo que aquellos que conducen hasta la tienda Borders más cercana para tener el mismo libro. En contraste, los clientes pueden encontrar más variedad de libros en Amazon que en Borders. Por esto, quienes compran en Amazon compensan el tiempo de respuesta con altos niveles de variedad.

Las compañías que se enfocan en clientes que toleran un tiempo de respuesta más largo necesitan pocas instalaciones que pueden estar lejos de los clientes. De esta manera pueden enfocarse en incrementar la capacidad de cada ubicación. En contraste, las compañías que se enfocan en clientes que valoran un tiempo de respuesta corto necesitan muchas instalaciones cercanas a ellos y de baja capacidad. De manera que una disminución en el tiempo de respuesta incrementa el número de instalaciones necesarias en la red, como se muestra en la figura 4-1.

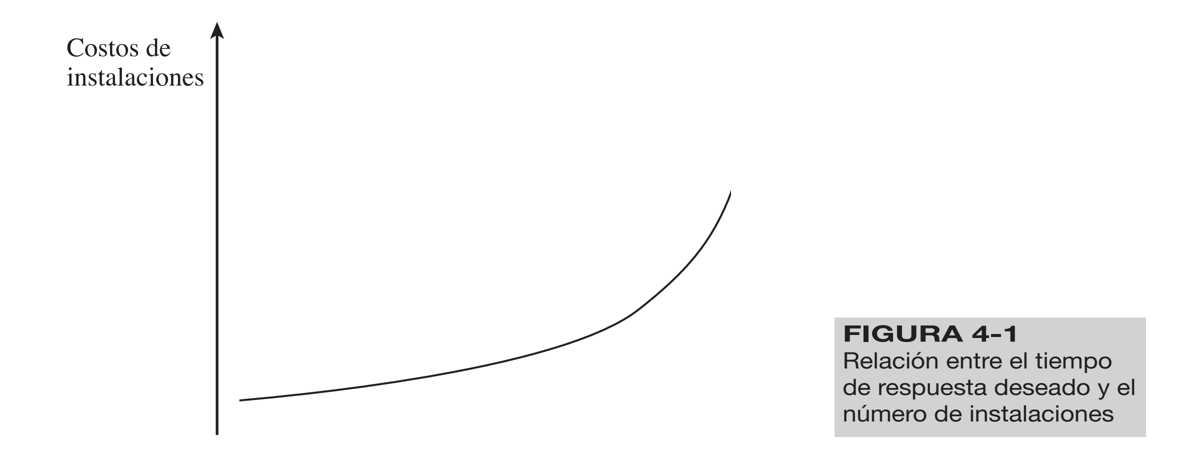
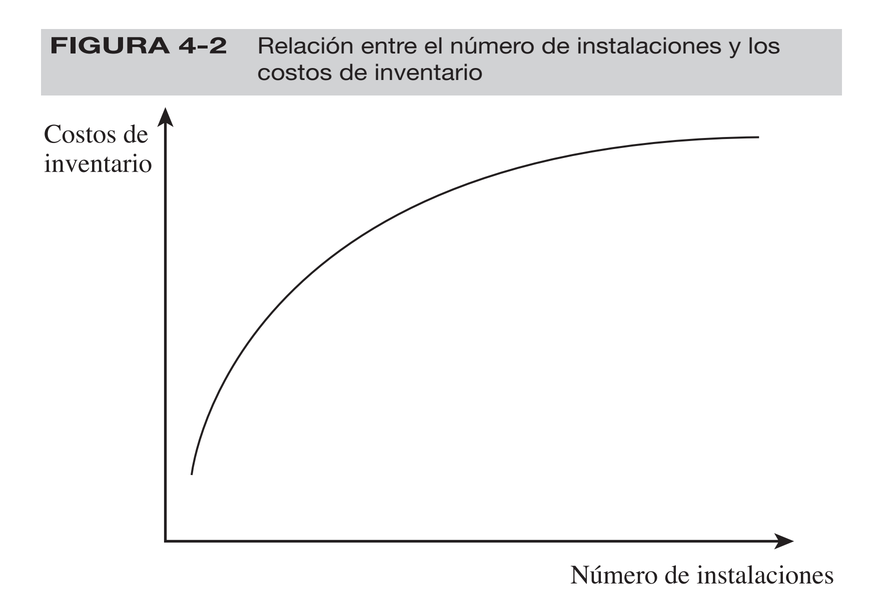


FIGURA 4-1
Relación entre el tiempo de respuesta deseado y el número de instalaciones

FIGURA 4-2 Relación entre el número de instalaciones y los costos de inventario



Por ejemplo, Borders suministra los libros a sus clientes el mismo día, pero necesita 400 tiendas para lograr esta meta en Estados Unidos. Por el contrario, Amazon tarda una semana en entregar un libro, pero sólo tiene seis instalaciones para almacenar los ejemplares.

Cambiar el diseño de la red de distribución afecta los siguientes costos de la cadena de suministro (observe que se trata de cuatro de las seis directrices de la cadena que analizamos previamente):

- Inventarios
- Transporte
- Instalaciones y manejo
- Información

Las otras dos directrices, aprovisionamiento y fijación de precios, también afectan la elección del sistema de distribución; el vínculo lo analizaremos cuando sea pertinente. Conforme el número de instalaciones de una cadena aumenta, el inventario y los costos resultantes también se incrementan (véase el capítulo 11), como se muestra en la figura 4-2.

Para disminuir los costos de inventario, las compañías tratan de consolidar y limitar el número de instalaciones en la red de su cadena. Por ejemplo, con pocas instalaciones, Amazon es capaz de rotar su inventario cerca de 12 veces al año, mientras que Borders, con 400 instalaciones, logra hacerlo sólo dos veces al año.

Los *costos de transporte entrante* son aquellos en los que se incurre al traer material a la instalación. Los *costos de transporte saliente* son los que devienen por el envío de material fuera de la instalación. Los segundos tienden a ser más altos por unidad, ya que el tamaño de los lotes entrantes generalmente es mayor. Por ejemplo, el almacén de Amazon recibe camiones completos de libros por el lado de las entradas, pero envía pequeños paquetes con pocos libros por cliente por el lado de las salidas. Al incrementar el número de ubicaciones de almacenes, disminuye el promedio de distancia hacia el cliente haciéndola una fracción más pequeña del total de la distancia que viaja el producto. Por tanto, mientras las economías de escala del transporte entrante se mantengan, incrementar el número de instalaciones disminuirá el costo total de transporte, como se observa en la figura 4-3. Si el número de las instalaciones se incrementa hasta un punto donde el tamaño de los lotes entrantes también es muy pequeño y resulta en una pérdida significativa de las economías de escala en el transpor-

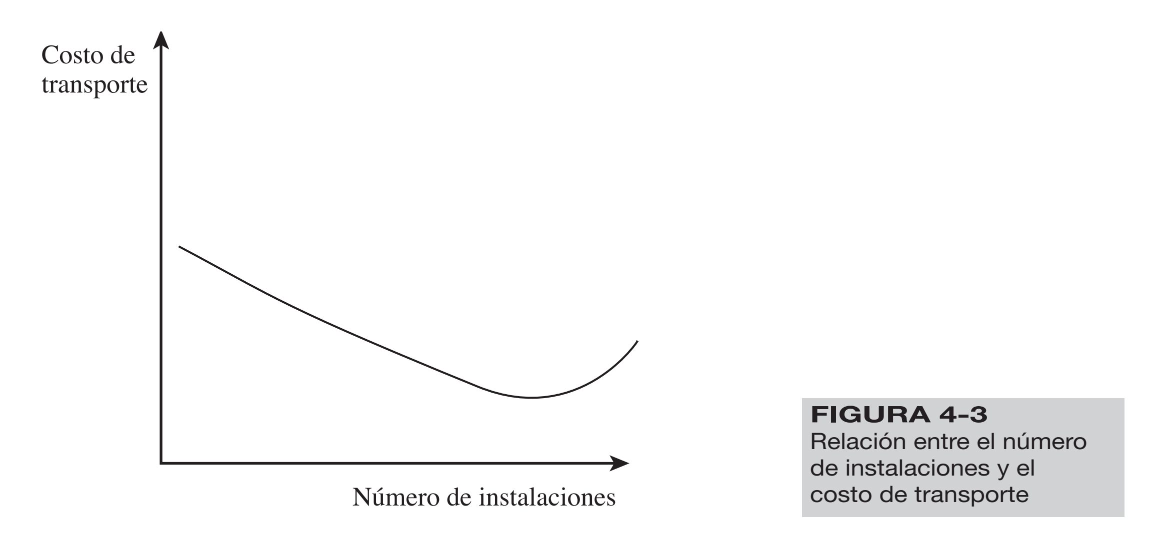


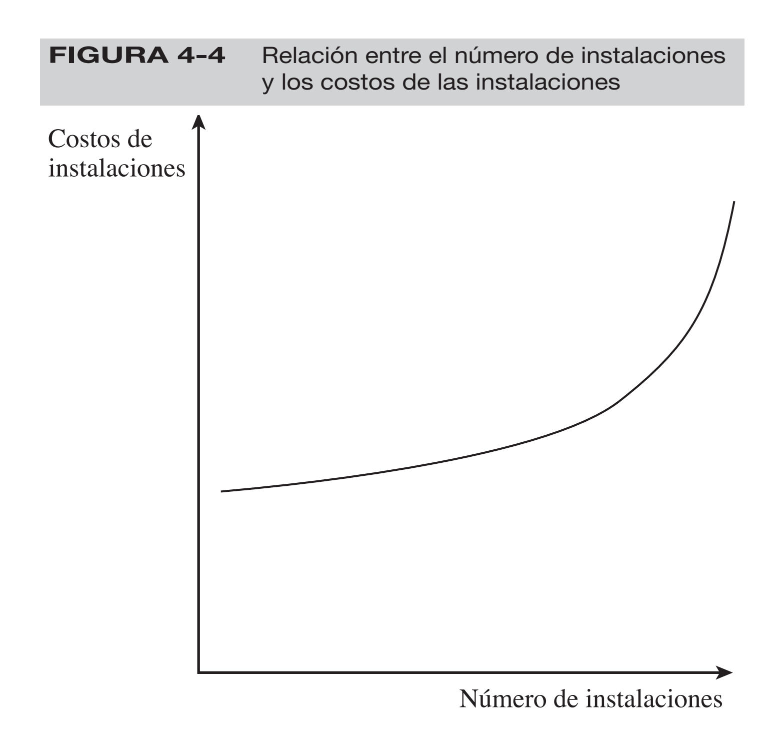
FIGURA 4-3 Relación entre el número de instalaciones y el costo de transporte

te entrante, aumentar el número de instalaciones incrementa el costo total de transporte, como se ilustra en la figura 4-3.

Los costos de las instalaciones disminuyen conforme el número se va reduciendo, como se observa en la figura 4-4, debido a que su consolidación permite a la compañía explotar las economías de escala.

Los costos totales de logística son la suma de los costos de inventario, transporte e instalaciones de la red de la cadena de suministro. Conforme el número de instalaciones se incrementa, el costo total de logística primero disminuye y luego aumenta, como se observa en la figura 4-5. Cada compañía deberá tener *cuando menos* el número de instalaciones que minimice los costos totales de logística. Por ejemplo, Amazon tiene más de un almacén primeramente

FIGURA 4-4 Relación entre el número de instalaciones y los costos de las instalaciones



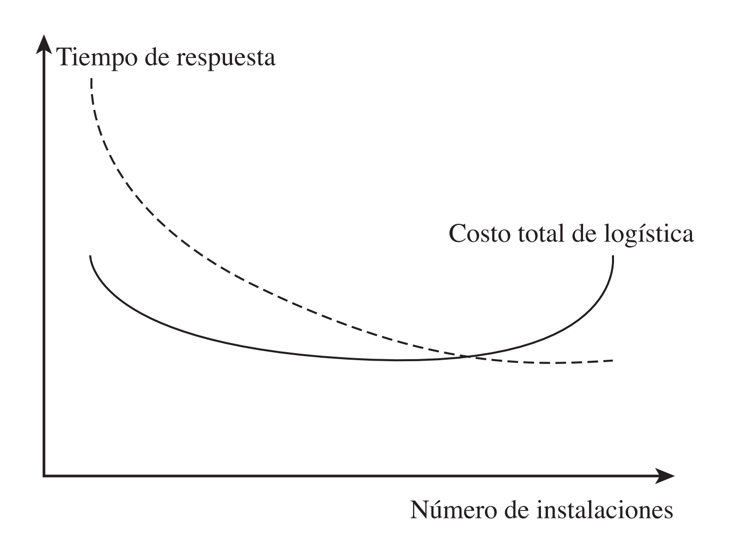


FIGURA 4-5
Variación en el costo de logística y el tiempo de respuesta con el número de instalaciones

para reducir sus costos de logística (y mejorar el tiempo de respuesta). Una compañía que quiere reducir el tiempo de respuesta aún más, tendrá que incrementar el número de instalaciones más allá del punto que minimiza los costos de logística. Una compañía deberá agregar instalaciones más allá del punto de minimizar el costo sólo si los gerentes tienen la certeza de que el incremento en los ingresos debido a una mejor capacidad de respuesta es mayor que el incremento de los costos debido a las instalaciones adicionales.

El servicio al cliente y los componentes del costo enumerados con anterioridad son las métricas primordiales que se emplean para evaluar los diferentes diseños de redes de entrega. En general, ninguna red de distribución funciona mejor que otras en todas las dimensiones. Por tanto, es importante asegurar que las fortalezas de la red de distribución se ajusten a la posición estratégica de la compañía.

En la siguiente sección analizamos varias redes de distribución y sus fortalezas y debilidades relativas.

4.3 OPCIONES DE DISEÑO PARA UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

En esta sección analizamos las opciones de la red de distribución, desde el fabricante hasta el consumidor final. Cuando se considera la distribución entre cualquier par de etapas, como la del proveedor al fabricante, o incluso una compañía de servicio que atiende a sus clientes a través de una red de distribución, muchas de las opciones aplican todavía. Los gerentes deben tomar dos decisiones clave al diseñar una red de distribución:

1. ¿El producto se entregará en la ubicación del cliente o será surtido en un sitio predeterminado?
2. ¿El producto irá a través de un intermediario (o ubicación intermedia)?

Con base en la industria a la que pertenece la compañía y las respuestas a estas preguntas, se puede emplear uno de los seis diseños de distribución para llevar los productos de una fábrica al cliente, los cuales clasificamos como sigue:

1. Almacenaje con el fabricante con envío directo
2. Almacenaje con el fabricante con envío directo y consolidación en tránsito
3. Almacenaje con el distribuidor con entrega por mensajería

4. Almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio
5. Almacenaje con el fabricante/distribuidor con recolección por parte del cliente
6. Almacenaje con el vendedor con recolección por parte del cliente

A continuación describimos cada opción de distribución y analizamos las fortalezas y debilidades.

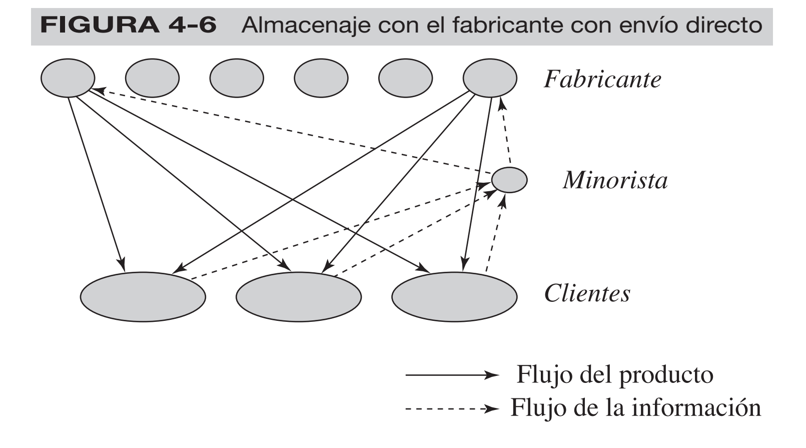
ALMACENAJE CON EL FABRICANTE CON ENVÍO DIRECTO

En esta opción, el producto se envía en forma directa del fabricante al consumidor final, evitando al minorista (quien toma el pedido e inicia la petición de entrega). Esta opción también se conoce como "remesa directa" (drop-shipping). El minorista, si es independiente del fabricante, no mantiene inventarios. La información fluye del cliente, vía el minorista, al fabricante, y el producto se envía directamente de éste a los clientes como se muestra en la figura 4-6. Los minoristas en línea, como eBags y Nordstrom, emplean el envío directo para entregar sus bienes al consumidor final. eBags mantiene poco inventario. Nordstrom tiene algunos productos en inventario y utiliza el modelo del envío directo con el calzado, que es un artículo de baja rotación. W.W. Grainger también lo utiliza para entregar artículos de baja rotación.

La gran ventaja de la entrega directa es la habilidad de centralizar los inventarios con el fabricante. Éste puede agregar demanda a lo largo de los minoristas que provee. Como resultado, la cadena de suministro es capaz de proporcionar un alto nivel de disponibilidad de producto con bajos niveles de inventario. Un tema clave respecto al envío directo es la estructura de propiedad del inventario en el fabricante. Si se distribuyen porciones específicas del inventario del fabricante a los minoristas en forma individual, hay muy poco beneficio de la agregación, aun cuando el inventario está físicamente agregado. El beneficio de la agregación se logra sólo si el fabricante logra distribuir cuando menos una porción del inventario disponible a través de los minoristas conforme se vaya necesitando. Son muchísimos los beneficios de la centralización para artículos de valor alto con demanda baja e impredecible. La decisión de Nordstrom de que los zapatos de demanda baja se envíen de manera directa satisface este criterio. De igual manera, las bolsas que vende eBags tienden a tener un valor alto y una demanda relativamente baja por SKU. Los beneficios de la agregación en el inventario son pequeños para artículos con demanda predecible y valor bajo. Por tanto, el envío directo no ofrece una ventaja significativa en lo que se refiere a los inventarios a una tienda en línea que vende un artículo básico como detergente. Para los artículos de poco movimiento, la rotación se incrementa por un factor de 6 o más si se emplea el envío directo en lugar de almacenar en las tiendas minoristas.

El envío directo también ofrece al fabricante la oportunidad de posponer la personalización hasta después de que el cliente coloca el pedido. Si se implementa el aplazamiento

FIGURA 4-6 Almacenaje con el fabricante con envío directo



disminuirá más los inventarios, por medio de la agregación, al nivel de componentes. Las compañías que fabrican sobre pedido como Dell mantienen inventarios de componentes comunes y posponen la personalización del producto, por tanto reducen el nivel de inventario que tienen.

Aunque en general los costos de inventario son bajos con el envío directo, los costos de transporte son altos, ya que la distancia promedio de salida al consumidor es grande y se emplean servicios de mensajería para enviar el producto. Estos últimos tienen altos costos de envío por unidad en comparación con los transportistas que envían camiones llenos o casi llenos. Con el envío directo, el pedido de un cliente que incluye artículos de varios fabricantes implica múltiples envíos al comprador, lo que hace que se pierda la agregación del transporte saliente e incrementa el costo.

Las cadenas de suministro ahorran en el costo fijo de las instalaciones al utilizar el envío directo, ya que los inventarios se centralizan con el fabricante. Esto elimina la necesidad de otros almacenes en la cadena de suministro. Asimismo, puede haber algunos ahorros en los costos de manejo, debido a que no ocurre la transferencia del fabricante al minorista. Los ahorros en el costo deben evaluarse con mucho cuidado, pues ahora se requiere que el fabricante transfiera los artículos al almacén de la fábrica en contenedores completos y luego sacarlos del almacén en unidades individuales. La incapacidad de enviar una sola unidad puede tener un efecto negativo en el costo de manejo y en el tiempo de respuesta. Los costos de manejo se reducen en forma significativa si el fabricante tiene la capacidad de enviar directamente los pedidos desde la línea de producción.

Se necesita de una buena infraestructura de información entre los minoristas y el fabricante con el fin de que aquéllos proporcionen información sobre la disponibilidad del producto al cliente, aun cuando el inventario esté ubicado con el fabricante. Además, el cliente debe tener visibilidad de los pedidos en proceso ubicados con el fabricante, aun cuando el pedido esté colocado con el minorista. En general, el envío directo requiere una inversión significativa en la infraestructura de la información. El requerimiento de ésta es un poco más sencillo para los vendedores directos, como Dell, puesto que dos etapas (minorista y fabricante) no necesitan estar integradas.

Los tiempos de respuesta tienden a ser largos cuando se utiliza el envío directo, ya que el pedido tiene que transmitirse del minorista al fabricante y las distancias de envío son en general más largas desde el sitio centralizado del fabricante. eBags, por ejemplo, establece que el proceso del pedido puede tomar de uno a cinco días y el transporte terrestre después de eso puede tardar entre tres y 11 días hábiles. Esto implica que el tiempo de respuesta del cliente de eBags es de cuatro a 16 días si se utiliza el transporte terrestre y el envío directo.

Otra cuestión es que el tiempo de respuesta de cada fabricante que interviene en el pedido de un cliente no necesariamente es el mismo. Cuando un pedido incluye productos de varios fabricantes, el cliente recibe varios envíos parciales en diferentes momentos, lo que complica la recepción para el cliente.

El almacenaje con el fabricante permite que un alto nivel de variedad de producto esté disponible para el cliente. Con el modelo del envío directo, cada producto que tenga el fabricante puede estar disponible para el consumidor sin los límites impuestos por el espacio de anaquel. W.W. Grainger es capaz de ofrecer cientos de miles de artículos de movimiento bajo de miles de fabricantes empleando este sistema. Esto sería imposible si W.W. Grainger tuviera que almacenar cada producto. El envío directo permite a los nuevos productos estar en el mercado desde el día que se produce la primera unidad.

El envío directo proporciona una buena experiencia al cliente al hacerle la entrega en su ubicación. Sin embargo, la experiencia deja de ser tan buena cuando se entrega por partes un solo pedido que incluye productos de varios fabricantes.

La visibilidad del pedido es muy importante en el contexto del almacenaje del fabricante, debido a que en cada pedido del cliente intervienen dos etapas de la cadena. Puede que la imposibilidad de proporcionarla tenga un efecto negativo significativo en la satisfacción del cliente. Sin embargo, el seguimiento del pedido se vuelve más difícil de implementar en un sis-

tema de envío directo, ya que requiere la integración completa de los sistemas de información tanto del minorista como del fabricante. Para los vendedores directos como Dell, es más fácil proporcionar visibilidad del pedido.

Una red de almacenaje con el fabricante es probable que tenga dificultades para manejar las devoluciones, lo que afecta la satisfacción del cliente. El manejo de las devoluciones es más caro bajo el sistema de envío directo, puesto que cada pedido puede involucrar envíos de más de un fabricante. Existen dos formas de manejar las devoluciones. Una es que el cliente regrese el producto directamente al fabricante, donde los costos de transporte y coordinación son altos. La segunda es que el vendedor establezca una instalación por separado (para todos los fabricantes), por lo que requeriría de inversión para construirla a fin de manejar las devoluciones.

Las características de desempeño del envío directo, respecto a varias dimensiones, se resumen en la tabla 4-1.

Dadas sus características de desempeño, el almacenaje con el fabricante con envío directo se adecua mejor a una gran variedad de artículos de baja demanda y alto valor, para los cuales los clientes están dispuestos a esperar por la entrega y a aceptar varios envíos parciales. También es conveniente si permite que el fabricante posponga la personalización, reduciendo así los inventarios. Para que sea efectivo el envío directo, deberá haber pocas ubicaciones de aprovisionamiento por pedido. Es ideal para los vendedores directos que son capaces de construir bajo pedido. Será difícil de implementar si hay más de 20 o 30 ubicaciones que tengan que enviar directamente de manera regular a los clientes. Para productos con muy poca demanda, el envío directo puede ser la única opción.

TABLA 4-1 Características del desempeño de la red de almacenaje con el fabricante con envío directo

Factor del costo	*Desempeño*
Inventario	Costos bajos debido a la agregación. Los beneficios son altos para artículos de baja demanda y alto valor. Serán más altos si la personalización del producto puede posponerse con el fabricante.
Transporte	Altos costos de transporte debido al incremento en la distancia y el envío no agregado.
Instalaciones y manejo	Costos bajos de instalaciones debido a la agregación. Algo de ahorro en los costos de manejo si el fabricante puede manejar pequeños embarques o enviar desde la línea de producción.
Información	Inversión significativa en la infraestructura de la información para integrar al fabricante y al vendedor.
Factor del servicio	***Desempeño***
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta largo de una a dos semanas debido a la distancia y a las dos etapas para el procesamiento del pedido. El tiempo de respuesta puede variar por producto, por tanto, complica la recepción.
Variedad del producto	Fácil de proporcionar un alto nivel de variedad.
Disponibilidad del producto	Fácil de proporcionar un alto nivel de disponibilidad del producto debido a la agregación con el fabricante.
Experiencia del cliente	Bien en términos de entrega a domicilio, pero puede sufrir si el pedido de varios fabricantes se envía como envíos parciales.
Tiempo para llegar al mercado	Rápido, con disponibilidad del producto tan pronto como se produce la primera unidad.
Visibilidad del pedido	Más difícil pero también más importante desde la perspectiva del servicio al cliente.
Retornabilidad	Cara y difícil de implementar.

ALMACENAJE CON EL FABRICANTE CON ENVÍO DIRECTO Y CONSOLIDACIÓN EN TRÁNSITO

A diferencia del envío directo bajo el cual cada producto del pedido se embarca de manera directa desde su fabricante al cliente final, la consolidación en tránsito combina piezas que provienen de diferentes ubicaciones, de manera que el cliente obtiene una sola entrega. La información y el producto fluyen por la red de consolidación en tránsito como se muestra en la figura 4-7. Los vendedores directos, como Dell, la han empleado, así como también compañías que implementan el envío directo. Cuando un cliente ordena una computadora personal a Dell junto con un monitor Sony, el transportista recoge la PC de la fábrica de Dell y el monitor de la de Sony; luego combina los dos artículos en un centro de distribución antes de hacer una sola entrega al cliente.

Así como sucede con el envío directo, la habilidad de agregar inventarios y posponer la personalización es una ventaja significativa de la consolidación en tránsito. Esta última permite a Dell y Sony mantener sus inventarios en la fábrica. Este método tiene grandes beneficios para los productos con alto valor cuya demanda es difícil de pronosticar, en particular si la personalización puede posponerse.

En la mayoría de los casos, los costos de transporte son menores que los del envío directo, debido a que la consolidación tiene lugar en el centro del transportista antes de entregar al cliente, aunque se requiere de una mayor coordinación. Un pedido que contiene productos de tres fabricantes requiere sólo de una entrega al cliente en comparación con las que serían requeridas con el envío directo. Pocas entregas ahorran costos de transporte y simplifican la recepción.

Los costos de instalaciones y procesamiento tanto para el fabricante como para el minorista son similares a los del envío directo. El grupo que lleva a cabo la consolidación en tránsito tiene costos mayores de instalación debido a la capacidad requerida. Por otro lado, los costos de recepción con el cliente son más bajos debido a que sólo se requiere una sola entrega. El costo total de la instalación y el manejo de la cadena de suministro es un poco más alo que con el envío directo.

Se necesita de una infraestructura muy compleja de información para permitir la consolidación en tránsito. Además de la información, las operaciones que se llevan a cabo entre el minorista, los fabricantes y los transportistas deben estar coordinadas. La inversión en la infraestructura de información es más alta que con el envío directo.

Los tiempos de respuesta, la variedad de producto, la disponibilidad y el tiempo para llegar al mercado son similares al envío directo. Los tiempos de respuesta pueden ser marginalmente más altos debido a la necesidad de realizar la consolidación. Es probable que el cliente tenga una mejor experiencia que con el envío directo, puesto que recibe todo el pedido en una sola

FIGURA 4-7 Red de consolidación en tránsito

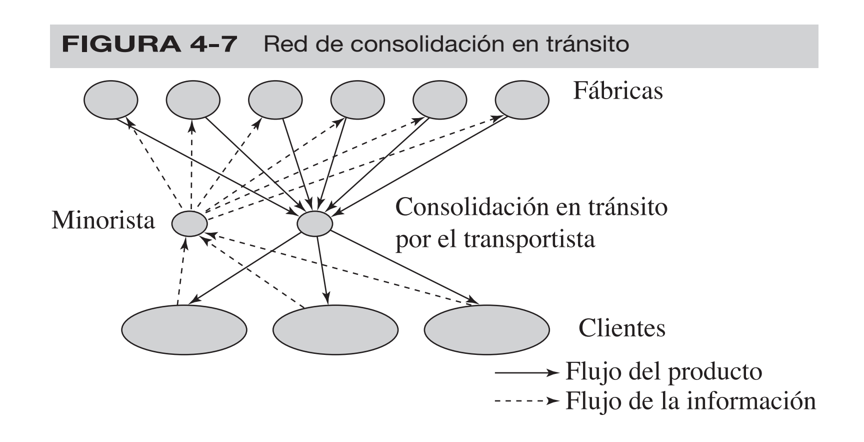


TABLA 4-2 Características del desempeño de la consolidación en tránsito

Factor del costo	*Desempeño*
Inventario	Similar al envío directo.
Transporte	Costos de transporte en cierta medida menores que los del envío directo.
Instalaciones y manejo	Costos de manejo más altos que los del envío directo con el transportista; costos de recepción menores con el cliente.
Información	Inversión un poco más alta que el envío directo.
Factor de servicio	***Desempeño***
Tiempo de respuesta	Similar al envío directo; es probable que sea marginalmente más alto.
Variedad de producto	Similar al envío directo.
Disponibilidad de producto	Similar al envío directo.
Experiencia del cliente	Mejor que el envío directo, ya que tiene que recibirse una sola entrega.
Tiempo para llegar al mercado	Similar al envío directo.
Visibilidad del pedido	Similar al envío directo.
Retornabilidad	Similar al envío directo.

entrega, en lugar de muchas parciales. La visibilidad del pedido es un requerimiento muy importante. Aunque la instalación inicial es difícil debido a que requiere la integración del fabricante, el transportista y el minorista, el seguimiento en sí mismo se vuelve más fácil, dado que la consolidación ocurre en el centro del transportista. Hasta el punto de la consolidación, el pedido de cada fabricante se sigue por separado; después de lo cual, se puede seguir como una sola unidad.

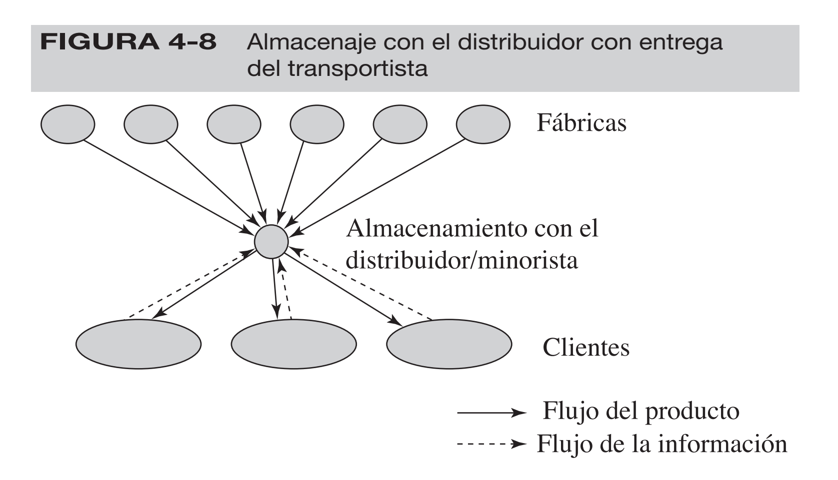
La retornabilidad es similar a la del envío directo. Los problemas relacionados con el manejo de las devoluciones son similares, y la cadena de suministro inversa continuará siendo cara y difícil de implementar, como en el envío directo.

El desempeño del almacenaje en la fábrica con consolidación en tránsito se compara con el del envío directo en la tabla 4-2. Las principales ventajas del primero sobre el segundo son el costo de transporte menor y una mejor experiencia del cliente. La mayor desventaja es el esfuerzo adicional durante la consolidación misma. Dadas las características del desempeño, el almacenaje con el fabricante con consolidación en tránsito es más adecuado para artículos de demanda baja a media y de alto valor que el minorista adquiere de un número limitado de fabricantes. En comparación, con el envío directo, la consolidación en tránsito requiere de una alta demanda de cada fabricante (no necesariamente de cada producto) a fin de que sea efectiva. Cuando existen demasiadas fuentes, puede ser muy difícil de coordinar e implementar. Se implementa mejor si existen más de cuatro o cinco ubicaciones. La consolidación en tránsito de una computadora personal Dell con un monitor Sony es apropiada, puesto que la variedad del producto es muy alta aunque existen pocas localidades de aprovisionamiento con una demanda total relativamente grande en cada una de ellas.

ALMACENAJE CON EL DISTRIBUIDOR CON ENTREGA POR MENSAJERÍA

Bajo esta opción, no se mantiene inventario en las instalaciones del fabricante, sino que lo tienen los distribuidores/minoristas en almacenes intermedios y, para transportar los productos desde la ubicación intermedia hasta el cliente final, se emplean servicios de mensajería. Amazon, al igual que distribuidores industriales como W.W. Grainger y McMaster-Carr, utilizan este método en combinación con el envío directo desde el fabricante (o distribuidor). La información y el producto fluyen al emplear el almacenaje con el distribuidor con entrega por mensajería como se muestra en la figura 4-8.

FIGURA 4-8 Almacenaje con el distribuidor con entrega del transportista



A diferencia del almacenaje con el fabricante, el almacenamiento con el distribuidor requiere un nivel más alto de inventario, puesto que el almacenamiento con el distribuidor/minorista en general agrega incertidumbre a la demanda en un nivel más bajo del que el fabricante es capaz de agregar demanda a lo largo de todos los distribuidores/minoristas. Desde la perspectiva del inventario, el almacenamiento con el distribuidor conviene para productos con demanda alta. Esto se ve en las operaciones de Amazon y de W.W. Grainger. Estas empresas almacenan en sus instalaciones sólo artículos de rotación media a rápida, en tanto que los de baja rotación se almacenan más arriba en la cadena. En algunos casos, el almacenamiento con el distribuidor permite posponer parte de la producción, aunque requiere que el almacén desarrolle cierta capacidad de ensamblaje. Sin embargo, el almacenamiento con el distribuidor requiere mucho menos inventario que el de una red de minoristas. Amazon logra cerca de 12 rotaciones de inventario por año empleando el centro de almacenamiento, mientras que Borders logra cerca de dos rotaciones utilizando las tiendas minoristas.

Los costos de transporte son un poco más bajos para el almacenamiento con el distribuidor en comparación con el almacenaje con los fabricantes, debido a que pueden emplearse medios de transporte económicos (por ejemplo, camiones) para envíos que llegan al almacén, el cual está más cerca del cliente. A diferencia del almacenaje con el fabricante, donde tal vez sea necesario hacer múltiples envíos para surtir el pedido de un solo cliente que incluye varios artículos, el almacenamiento con el distribuidor permite unir en un solo embarque los pedidos que se van a enviar al cliente, reduciendo aún más el costo de transporte. El almacenamiento con el distribuidor proporciona ahorros en el transporte de artículos de alta rotación en relación con el almacenaje con el fabricante.

En comparación con el almacenaje con el fabricante, los costos de instalaciones (de almacenaje) son en cierta medida más altos con el almacenaje con el distribuidor, debido a la pérdida de agregación. Los costos de procesamiento y almacenaje son comparables con el almacenaje con el fabricante a menos que el fabricante sea capaz de enviar directamente al consumidor final desde la línea de producción. En ese caso, el almacenaje con el distribuidor tiene costos de procesamiento más altos. Desde la perspectiva del costo de las instalaciones, el almacenaje con el distribuidor no es apropiado para artículos que tienen rotación sumamente baja.

La infraestructura de información que se necesita con el almacenaje con el distribuidor es significativamente menos compleja que la necesaria con el almacenaje con el fabricante. El almacenaje con el distribuidor sirve como un amortiguador entre el cliente y el fabricante, y disminuye la necesidad de coordinar los dos en su totalidad. Es necesario que exista visibilidad en tiempo real entre los clientes y el almacén, mientras que no es indispensable que exista entre el cliente y el fabricante. La visibilidad entre el almacenamiento del distribuidor y el fabricante se logra a un costo mucho menor que la visibilidad en tiempo real entre el cliente y el fabricante.

El tiempo de respuesta bajo el almacenaje con el distribuidor es menor que en el almacenaje con el fabricante, ya que los almacenes del primero están, en general, más cerca de los

TABLA 4-3 Características del desempeño del almacenaje con el distribuidor con entrega por medio del transportista

Factor de costo	*Desempeño*
Inventario	Más alto que el almacenaje con el fabricante. La diferencia no es grande para artículos de alta rotación.
Transporte	Más bajo que el almacenaje con el fabricante. La reducción es más alta para artículos de alta rotación.
Instalaciones y manejo	Un poco más alto que el almacenaje con el fabricante. La diferencia puede ser grande en artículos de muy baja rotación.
Información	Infraestructura más sencilla en comparación con el almacenaje con el fabricante.
Factor de servicio	***Desempeño***
Tiempo de respuesta	Más rápido que el almacenaje con el fabricante.
Variedad de producto	Más baja que el almacenaje con el fabricante.
Disponibilidad de producto	Costo más alto para proporcionar el mismo nivel de disponibilidad como el almacenaje con el fabricante.
Experiencia del cliente	Mejor que el almacenaje con el fabricante con envío directo.
Tiempo para llegar al mercado	Más alto que el almacenaje con el fabricante.
Visibilidad del pedido	Más fácil que con almacenaje con el fabricante.
Retornabilidad	Más fácil que con almacenaje con el fabricante.

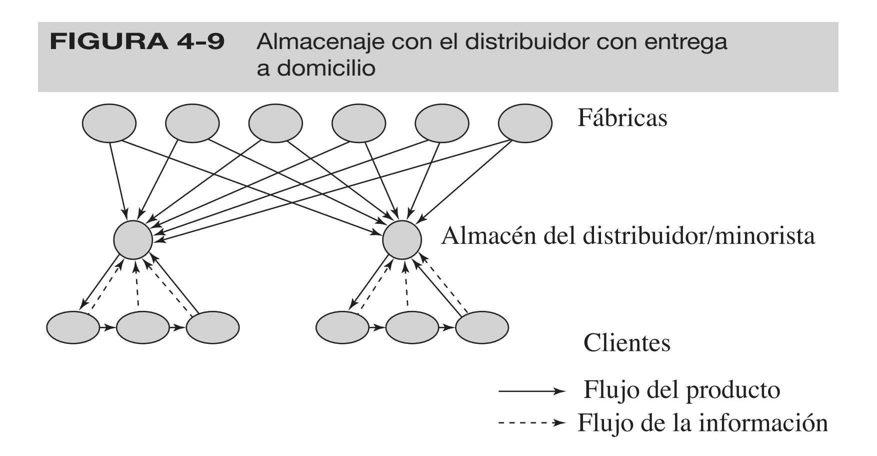
clientes y el pedido completo se surte en el almacén antes de que se envíe. Por ejemplo, Amazon procesa la mayoría de los artículos que mantiene en el almacén en menos de un día y luego le toma de tres a siete días hábiles por transporte terrestre que el pedido le llegue al cliente. W.W. Grainger procesa los pedidos de los clientes el mismo día y tiene suficientes almacenes para entregar los pedidos al día siguiente empleando transporte terrestre. El almacenamiento limita en cierto grado la variedad de los productos que pueden ser ofrecidos. W.W. Grainger no almacena artículos de muy baja demanda, por lo que se apoya en los fabricantes para que los envíen de manera directa al consumidor. La conveniencia para el cliente es alta con el almacenaje con el distribuidor, puesto que un solo envío le llega en respuesta a un pedido. El tiempo requerido para llegar al mercado bajo el almacenaje con el distribuidor es en cierto modo más alto que bajo el almacenaje con del fabricante debido a la necesidad de almacenar en otra etapa de la cadena. La visibilidad del pedido se vuelve más fácil que con el almacenaje con el fabricante, debido a que existe un solo envío desde el almacén al cliente y solamente una etapa de la cadena se involucra en forma directa para cumplir con el pedido del cliente. La retornabilidad es mejor que con el almacenaje con el fabricante, ya que todas las devoluciones se procesan en el mismo almacén. También, el cliente sólo tiene que devolver un solo paquete, incluso si los artículos son de varios fabricantes.

El desempeño del almacenaje con el distribuidor con entrega por el transportista se resume en la tabla 4-3. Este tipo de distribución es bastante adecuado para artículos que tienen rotación media a alta. También conviene cuando los clientes quieren una entrega más rápida de la que ofrece el almacenaje con el fabricante pero no la necesitan de manera inmediata. El almacenaje con el distribuidor puede manejar una variedad ligeramente menor que el almacenaje con el fabricante pero maneja un nivel mucho más alto de variedad que una cadena de tiendas minoristas.

ALMACENAJE CON EL DISTRIBUIDOR CON ENTREGA A DOMICILIO

La entrega a domicilio se refiere a la entrega del producto por parte del distribuidor/minorista en el hogar del cliente en lugar de usar un transportista de paquetería. Webvan, Peapod y Albertsons han empleado la entrega a domicilio en la industria de los comestibles. Compañías como Kozmo y Urbanfetch trataron de establecer redes de entrega a domicilio para una variedad

FIGURA 4-9 Almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio



de productos pero no sobrevivieron. A diferencia de la entrega mediante un transportista de paquetería, la entrega a domicilio requiere que el almacén del distribuidor esté mucho más cerca del cliente. Dado el radio limitado que puede ser atendido, se requieren más almacenes en comparación con cuando se emplea entrega de paquetería. La red de almacenamiento con entrega a domicilio se muestra en la figura 4-9.

El almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio requiere mayores niveles de inventario que las otras opciones (excepto para las tiendas minoristas) debido a que tiene un bajo nivel de agregación. Desde la perspectiva del inventario, el almacenaje con entrega a domicilio es adecuado para artículos de alta rotación para los cuales la desagregación no lleva a un incremento significativo del inventario. Los artículos de primera necesidad de la industria de los comestibles se ajustan a la descripción.

Entre todas las redes de distribución, la entrega a domicilio tiene los costos más altos. Esto se debe a que los transportistas de paquetería consolidan entregas de muchos minoristas y son capaces de obtener mejores economías de escala de las que están disponibles para el distribuidor/minorista que trata de entregar a domicilio. Los costos de entrega (incluidos los de transporte y procesamiento) pueden ser de 30 a 40 dólares por entrega a domicilio en la industria de los productos de consumo. La entrega a domicilio puede ser un poco menos cara en ciudades grandes y densas. También, los costos de transporte son justificables para productos voluminosos por los cuales el cliente está dispuesto a pagar por recibir el producto solicitado en su casa. La entrega a domicilio de agua y bolsas grandes de arroz ha tenido mucho éxito en China, donde la alta densidad de población ha ayudado a disminuir los costos de entrega.

Los costos de instalaciones y procesamiento son muy altos cuando se utiliza esta opción, dado que se requiere una gran cantidad de instalaciones. Los costos de instalaciones son más bajos que los de una red de tiendas minoristas pero mucho más altos que los del almacenaje con el fabricante o los del almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista de paquetería. Sin embargo, los costos de procesamiento son mucho más altos que para los dos anteriores debido a que se elimina toda participación del cliente. Una tienda que emplea la entrega a domicilio realiza todo el proceso hasta que se entrega el producto en el domicilio del cliente, a diferencia del supermercado tradicional, donde hay una mayor participación del comprador.

La infraestructura de información con la entrega a domicilio es similar a la del almacenamiento con el distribuidor con entrega por transportista de paquetería. Sin embargo, requiere capacidades adicionales de programación de entregas.

Los tiempos de respuesta son más rápidos que cuando se utilizan transportistas de paquetería. Kozmo y Urbanfetch trataron de ofrecer entregas del mismo día, mientras que los supermercados en línea tratan de proporcionar entregas del día siguiente. La variedad de producto es en general más baja que para el almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista. El costo de proporcionar disponibilidad del producto es más alto que para cualquier otra opción que no sean las tiendas minoristas. La experiencia del cliente puede ser muy buena si se

TABLA 4-4 Características del desempeño del almacenamiento con el distribuidor con entrega a domicilio

Factor de costo	***Desempeño***
Inventario	Más alto que el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería.
Transporte	Costo muy alto, dadas las mínimas economías de escala. Más alto que cualquier otra opción de distribución.
Instalaciones y manejo	Costos de instalaciones más altos que el almacenaje con fabricante o distribuidor con entrega con transportista de paquetería, pero menores que el de una cadena de tiendas minoristas.
Información	Similar al almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería.
Factor de servicio	***Desempeño***
Tiempo de respuesta	Muy rápido. Entregas del mismo día o al día siguiente.
Variedad de producto	Un poco menor que el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería pero mayor que el de las tiendas minoristas.
Disponibilidad de producto	Costo para proporcionar disponibilidad más alto que cualquier otra opción excepto las tiendas minoristas.
Experiencia del cliente	Muy bueno, particularmente para artículos voluminosos.
Tiempo para llegar al mercado	Ligeramente más alto que para el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería.
Seguimiento del pedido	Menos problemas y más fácil de implementar que para el almacenaje con el fabricante o almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería.
Retornabilidad	Más fácil de implementar que otras opciones. Más difícil y más cara que una red de minoristas.

utiliza esta opción, particularmente para artículos voluminosos, difíciles de llevar. El tiempo para llegar al mercado es incluso más alto para el almacenaje con el distribuidor con entrega con transportista de paquetería, debido a que el nuevo producto tiene que penetrar aún más antes de que esté disponible para el cliente. La visibilidad del pedido es un asunto menor dado que las entregas son realizadas dentro de las 24 horas siguientes al pedido. La característica del seguimiento del pedido se vuelve importante para manejar excepciones en caso de pedidos incompletos o no entregados. De todas las opciones consideradas, la retornabilidad es la mejor con la entrega a domicilio, ya que los camiones que hacen las entregas también pueden recoger las devoluciones de los clientes. Las devoluciones son todavía más caras de manejar que en una tienda minorista, cuando un cliente puede llevar de regreso el producto.

Las características de desempeño del almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio se resumen en la tabla 4-4. En áreas con costos de mano de obra altos, es muy difícil justificarlo sobre la base de la eficiencia o de mejorar el margen. Sólo puede justificarse si existe un segmento de consumidores suficientemente grande dispuesto a pagar por esta conveniencia. En ese caso, deberá hacerse un esfuerzo para unir la entrega a domicilio con la red de distribución existente y explotar las economías de escala y mejorar la utilización. Un ejemplo es el uso de las instalaciones de una tienda por parte de Albertsons y el trabajo para proporcionar la entrega a domicilio. Una parte de la tienda sirve como centro de surtido para los pedidos que se colocan en línea; otra parte funciona también como centro de reabastecimiento para la tienda misma. Esto ayuda a mejorar la utilización y a disminuir el costo de proporcionar el servicio. La entrega a domicilio se justifica si los pedidos de los clientes son suficientemente grandes para generar algunas economías de escala. Peapod ha cambiado sus políticas de precio para reflejar esta idea. El tamaño del pedido mínimo es de 50 dólares (con un cargo por entrega de 9.95 dólares) y ya no ofrece entrega gratis en pedidos de ningún tamaño. También ofrece descuentos en entregas durante los periodos de poca actividad con base en lo que se observa en el programa. Para ser rentables, las compañías de entrega a domicilio casi han tenido que eliminar la entrega gratis por completo.

ALMACENAJE CON EL FABRICANTE/DISTRIBUIDOR CON RECOLECCIÓN POR PARTE DEL CLIENTE

En este enfoque, el inventario se almacena en el almacén del fabricante o distribuidor y los clientes colocan sus pedidos en línea o por teléfono y luego viajan a los puntos designados para surtir su mercancía. Los pedidos se envían desde el almacén a los puntos de surtido. Como ejemplos tenemos a 7dream.com, que es operado por Seven-Eleven Japón, que permite a los clientes recoger los pedidos que colocaron en línea en una tienda designada. Un ejemplo de empresa a empresa (business-to-business, B2B) es W.W. Grainger, cuyos clientes pueden recoger sus pedidos en uno de sus puntos de venta. En el caso de 7dream.com, el pedido se entrega desde un almacén del fabricante o distribuidor hasta el punto de surtido. En el caso de W.W. Grainger, algunos artículos se almacenan en el punto donde se surten, mientras que otros pueden llegar de la ubicación central. El flujo de la información y producto en la red de Seven-Eleven Japón se muestra en la figura 4-10.

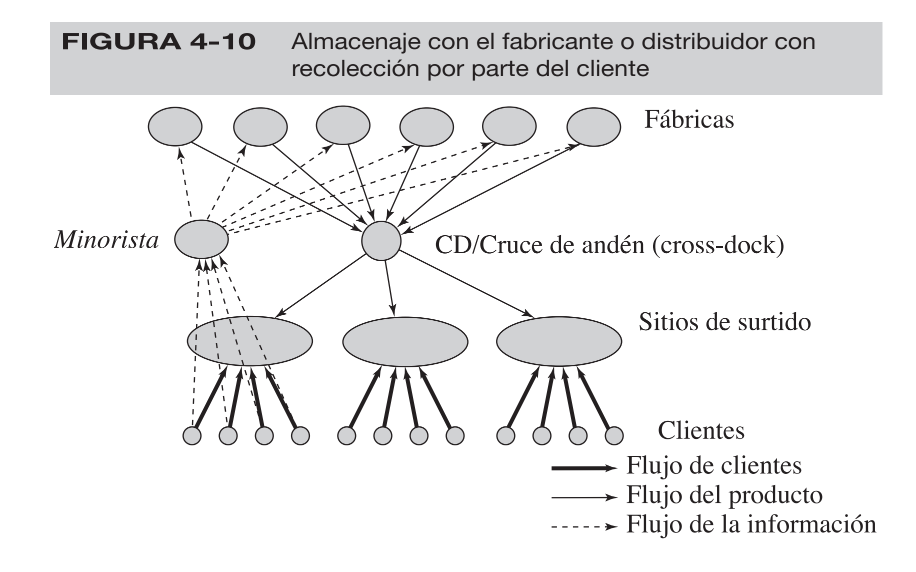
Seven-Eleven tiene centros de distribución donde los productos que envían los fabricantes pasan por el cruce de andén (se clasifican, cambian de camión) y se envían a los puntos de venta diariamente. Un minorista que entrega un pedido colocado en línea puede ser tratado como uno de los fabricantes, ya que pasa por el mismo proceso de cruce de andén de los productos, que después se envían al punto de venta apropiado de Seven-Eleven. Servir como punto de venta para los pedidos que se colocan en línea le permite mejorar la utilización de sus activos logísticos existentes.

Si se utiliza este método, los costos de inventario pueden mantenerse bajos, ya sea con almacenaje con el fabricante o con el distribuidor para explotar la agregación. W.W. Grainger mantiene su inventario de artículos de alta rotación en los puntos de surtido, mientras que los de baja rotación se mantienen en existencia en un almacén central, o en algunos casos, con el fabricante.

El costo de transporte es más bajo que con cualquier otra solución que emplee servicios de envío de paquetería, puesto que es posible una agregación significativa cuando se entregan los pedidos en un sitio de surtido. Esto permite el uso de camiones para transportar los pedidos hasta el sitio de surtido. Para una compañía como Seven-Eleven Japan, el incremento marginal en el costo de transporte es pequeño, debido a que los camiones ya están haciendo entregas a las tiendas y su utilización puede mejorar si se incluyen los pedidos colocados en línea.

Los costos de las instalaciones son altos si tienen que construirse los nuevos sitios de surtido. Una solución para disminuir los costos adicionales es utilizar sitios existentes. Éste es el caso de 7dream.com y W.W. Grainger, para los cuales ya existen las tiendas. Los costos de procesamiento con el fabricante o en el almacén se comparan con los de otras soluciones. Los costos de procesamiento en el sitio de surtido son altos, ya que cada pedido debe ser cotejado con un cliente

FIGURA 4-10 Almacenaje con el fabricante o distribuidor con recolección por parte del cliente



específico cuando llega. Crear esta capacidad incrementa los costos significativamente si no se proporcionan el almacenaje y los sistemas de información apropiados. El incremento en el costo de procesamiento en el sitio de surtido es el mayor obstáculo para el éxito de este método.

Se necesita una considerable infraestructura de información para proporcionar visibilidad del pedido hasta que el cliente la recoja, así como una buena coordinación entre el minorista, la ubicación de almacenaje y el sitio de surtido.

En este caso, se puede lograr un tiempo de respuesta comparable al que se obtiene cuando se emplean transportistas. Se puede proporcionar variedad y disponibilidad comparables con cualquier opción de almacenaje con el fabricante o distribuidor. Existe algo de pérdida en la experiencia del cliente, porque a diferencia de las otras opciones analizadas, los clientes deben ir a recoger sus propios pedidos. Por otro lado, los clientes que no quieren pagar en línea pueden pagar en efectivo empleando esta opción. En países como Japón, donde Seven-Eleven tiene más de 10,000 puntos de venta, se puede decir que la pérdida de la conveniencia del cliente es pequeña, puesto que la mayoría de los clientes están cerca del sitio de surtido y pueden recoger sus pedidos cuando les convenga. En algunos casos, esta opción se considera más conveniente, ya que no requiere que el cliente esté en casa en el momento de la entrega. El tiempo para llegar al mercado que los nuevos productos requieren puede ser tan corto como con el almacenaje con el fabricante.

La visibilidad del pedido es sumamente importante para las recolecciones del cliente. Es necesario informar al cliente que su pedido ha llegado y éste debe poder identificarse con facilidad cuando el cliente llega a recogerlo. Dicho sistema es difícil de implementar, puesto que requiere la integración de varias etapas de la cadena de suministro. En potencia, las devoluciones pueden manejarse en el sitio de surtido. El problema con algunos sitios existentes, como las tiendas Seven-Eleven, es que no están equipados para aceptar y procesar devoluciones de productos que no se venden ahí. Sin embargo, desde la perspectiva del transporte, los flujos de las devoluciones se pueden manejar empleando los camiones de entrega. Para los clientes, devolver un producto es más fácil, debido a que tienen una ubicación física para hacerlo. En resumen, la retornabilidad es bastante buena empleando esta opción.

Las características de desempeño del almacenamiento con el fabricante o distribuidor con sitios de surtido en los que el cliente recoge su mercancía se resumen en la tabla 4-5. Las

TABLA 4-5 Características del desempeño de la red con sitios con recolección por parte del cliente

Factor de costo	***Desempeño***
Inventario	Puede igualar cualquier otra opción, dependiendo de la ubicación del inventario.
Transporte	Menor que el uso de transportistas de paquetería, especialmente si se usa una red de entregas existente.
Instalaciones y manejo	Costos de instalaciones pueden ser muy altos si hay que construir nuevas instalaciones. Son más bajos si se emplean instalaciones existentes. El incremento en el costo de manejo en el sitio de surtido puede ser significativo.
Información	Inversión significativa en la infraestructura requerida.
Factor de servicio	***Desempeño***
Tiempo de respuesta	Similar a la entrega de transportista de paquetería con almacenaje con el fabricante o distribuidor. Posible entrega el mismo día para artículos almacenados localmente en el sitio de surtido.
Variedad de producto	Similar a otras opciones de almacenaje con el fabricante o distribuidor.
Disponibilidad de producto	Similar a otras opciones de almacenaje con el fabricante o distribuidor.
Experiencia del cliente	Menor que otras opciones debido a la carencia de entrega a domicilio. En áreas con alta densidad de población, puede ser pequeña la pérdida de conveniencia.
Tiempo para llegar al mercado	Similar a las opciones de almacenaje con el fabricante.
Visibilidad del pedido	Difícil pero esencial.
Retornabilidad	Un poco más fácil dado que las instalaciones de surtido pueden manejar devoluciones.

principales ventajas de la red con sitios de surtido por parte del cliente es que se puede disminuir el costo de entrega y expandir el conjunto de productos vendidos así como los clientes atendidos en línea. El mayor obstáculo es el incremento en el costo de manejo en el sitio de surtido. Esta red quizá sea más efectiva si se emplean como sitios de surtido lugares como cafeterías, tiendas de conveniencia o pequeños supermercados, ya que este tipo de red mejora las economías a partir de la infraestructura existente. Desafortunadamente, dichos sitios son diseñados en general para permitir que el cliente realice el surtido y necesitan desarrollar la capacidad de surtir un pedido específico del cliente.

ALMACENAJE CON EL VENDEDOR CON SURTIDO POR PARTE DEL CLIENTE

En esta opción, vista con frecuencia como la cadena de suministro más tradicional, el inventario se almacena en las tiendas. Los clientes entran al lugar o colocan un pedido en línea o por teléfono y lo recogen ahí. Como ejemplos de compañías que ofrecen opciones múltiples de colocación de pedidos están Albertsons, quien emplea parte de la instalación como tienda y parte como centro de surtido de los pedidos en línea. Los clientes pueden entrar a la tienda u ordenar en línea. Un ejemplo de empresa a empresa (B2B) es W.W. Grainger: los clientes ordenan en línea, por teléfono o en persona y recogen su pedido en una de las tiendas. Albertsons mantiene su inventario en el mismo sitio de surtido. W.W. Grainger almacena algunos de los artículos en los sitios de surtido y otros pueden provenir de una ubicación central.

El almacenaje local incrementa los costos de inventario debido a la falta de agregación. En el caso de artículos de alta rotación, existe un incremento marginal en el inventario incluso con el almacenaje local. Albertsons emplea el almacenaje local, puesto que la mayoría de sus productos tienen rotación relativamente alta y, en todo caso, se almacenan en el supermercado. De igual manera, W.W. Grainger mantiene su inventario de artículos de alta rotación en los sitios de surtido, mientras que los de baja rotación se mantienen en existencia en un almacén central.

El costo de transporte es mucho menor que con otras soluciones debido a los medios de transporte baratos que pueden emplearse para reabastecer el producto en la tienda. Los costos de las instalaciones son altos, puesto que se requieren muchas instalaciones locales, y se necesita una infraestructura mínima de información si los clientes entran a una tienda y colocan pedidos. Para los pedidos que se reciben en línea, se necesita una infraestructura de información significativa para proporcionar visibilidad del pedido hasta que el cliente lo recoja.

Se pueden lograr buenos tiempos de respuesta con este sistema debido al almacenaje local. Por ejemplo, tanto Albertsons como W.W. Grainger ofrecen surtido el mismo día en sus tiendas. La variedad de productos almacenada localmente es menor que bajo otras opciones. Resulta más caro que con otras opciones proporcionar un alto nivel de disponibilidad del producto. La experiencia del cliente depende de si le gusta comprar o no de esta manera. El tiempo para llegar al mercado es el más alto con esta opción, ya que el nuevo producto tiene que atravesar toda la cadena de suministro antes de que esté disponible para los clientes. La visibilidad del pedido es en extremo importante para que el cliente pueda darle seguimiento y recogerlo cuando los pedidos se colocan en línea o se hacen por teléfono. Las devoluciones se pueden manejar en el sitio de surtido. En suma, la retornabilidad es buena si se emplea esta opción.

Las características del desempeño de una red con sitios de surtido para los clientes y almacenamiento local (como tiendas) se resumen en la tabla 4-6. La principal ventaja de esta red es que disminuye los costos de entrega y proporciona una respuesta más rápida que las otras. La mayor desventaja es el incremento en los costos de inventario e instalaciones. Dicha red es más apropiada para artículos de alta rotación o para los cuales el cliente valora una respuesta rápida.

SELECCIÓN DEL DISEÑO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

El diseñador de una red necesita considerar las características del producto así como los requerimientos de la misma para decidir sobre la red de entrega apropiada. Las diversas redes

TABLA 4-6 Características del desempeño de almacenamiento local con sitios de recolección por parte del cliente.

Factor de costo	*Desempeño*
Inventario	Más alto que todas las otras opciones.
Transporte	Más bajo que todas las otras opciones.
Instalaciones y manejo	Más alto que las otras opciones. El incremento en los costos de manejo en el sitio de surtido puede ser significativo para pedidos en línea y por teléfono.
Información	Se requiere cierta inversión en infraestructura para los pedidos en línea y por teléfono.
Factor de servicio	***Desempeño***
Tiempo de respuesta	Posible recolección el mismo día (inmediata) para artículos almacenados localmente en el sito de surtido.
Variedad de producto	Menor que las otras opciones.
Disponibilidad de producto	Proporcionarla es más costoso que en todas las otras opciones.
Experiencia del cliente	Relacionada con si la compra se ve como una experiencia positiva o negativa para el cliente.
Tiempo para llegar al mercado	El más alto entre las opciones de distribución.
Visibilidad del pedido	Trivial para pedidos en la tienda. Difícil, pero esencial para pedidos en línea y por teléfono.
Retornabilidad	Más fácil que otras opciones dado que el sitio de surtido puede manejar también las devoluciones.

consideradas con anterioridad tienen diferentes fortalezas y debilidades. En la tabla 4-7, las distintas redes de entrega se clasifican en relación con ellas mismas en varias dimensiones de desempeño. Una clasificación de 1 indica el mejor desempeño en la dimensión dada; conforme el desempeño relativo empeora, el número se incrementa.

Sólo las compañías de nicho terminan utilizando una sola red de distribución. La mayoría de las compañías se comportan mejor mediante una combinación de ellas. La combinación depende de las características del producto así como de la posición estratégica que la compañía desee

TABLA 4-7 Desempeño comparativo de los diseños de redes de entrega

	Almacenaje con el vendedor con recolección por parte del cliente	*Almacenaje con el fabricante con envío directo*	*Almacenaje con el fabricante con consolidación en tránsito*	*Almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista de paquetería*	*Almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio*	*Almacenaje con el fabricante con recolección por parte del cliente*
Tiempo de respuesta	1	4	4	3	2	4
Variedad de producto	4	1	1	2	3	1
Disponibilidad del producto	4	1	1	2	3	1
Experiencia del cliente	Varía del 1 al 5	4	3	2	1	5
Tiempo para llegar al mercado	4	1	1	2	3	1
Visibilidad del pedido	1	5	4	3	2	6
Retornabilidad	1	5	5	4	3	2
Inventario	4	1	1	2	3	1
Transporte	1	4	3	2	5	1
Instalaciones y manejo	6	1	2	3	4	5
Información	1	4	4	3	2	5

Clave: 1 corresponde al desempeño más fuerte y 6 al más débil.

TABLA 4-8 Desempeño de las redes de entrega para diferentes características Producto/Cliente

	Almacenaje con el vendedor con recolección por parte del cliente	*Almacenaje con el fabricante con envío directo*	*Almacenaje con fabricante con consolidación en tránsito*	*Almacenaje con el distribuidor con entrega por transportista de paquetería*	*Almacenaje con el distribuidor con entrega a domicilio*	*Almacenaje con el fabricante con recolección por parte del cliente*
Producto de demanda alta	+2	−2	−1	0	+1	−1
Producto de demanda media	+1	−1	0	+1	0	0
Producto de demanda baja	−1	+1	0	+1	−1	+1
Producto de muy baja demanda	−2	+2	+1	0	−2	+1
Muchas fuentes de producto	+1	−1	−1	+2	+1	0
Valor alto del producto	−1	+2	+1	+1	0	+12
Respuesta rápida deseada	+2	−2	−2	−1	+1	−2
Alta variedad del producto	−1	+2	0	+1	0	+2
Esfuerzo bajo del cliente	−2	+1	+2	+2	+2	−1

Clave: +2 = muy adecuado; +1 = algo adecuado; 0 = neutral; −1 = algo no adecuado; −2 = No adecuado.

alcanzar. La adaptabilidad de los diferentes tipos de entrega (desde la perspectiva de la cadena de suministro) en varias situaciones se muestra en la tabla 4-8.

Un ejemplo excelente de una red híbrida es la de W.W. Grainger, que combina todas las opciones mencionadas con anterioridad en su red de distribución. Sin embargo, se ha diseñado para ajustar las características del producto a las necesidades del cliente. Los artículos de alta rotación y de emergencia se almacenan localmente y los clientes pueden ya sea ir a recogerlos o hacer que se los envíen, dependiendo de la urgencia. Los artículos de baja rotación se almacenan en un CD nacional y se envían al cliente dentro de uno o dos días. Los artículos de muy baja rotación se envían de manera directa desde el fabricante con un tiempo mayor de espera. Otra red híbrida es la de Amazon, que desposita algunos artículos en sus almacenes. Los distribuidores o editores pueden enviar directamente otros productos de baja rotación.

Ahora podemos reconsiderar los ejemplos de la industria de la computación analizados al principio del capítulo. La decisión de Gateway de crear una red de tiendas minoristas sin explotar ninguna de las ventajas de la cadena de suministro que ofrece dicha red fue un fracaso. Para explotar por completo los beneficios de la red de tiendas, Gateway debió haber almacenado sus configuraciones estándar (quizá las de mayor demanda) en las tiendas, y enviar directamente las otras configuraciones desde la fábrica (quizá con surtido local en las tiendas, en caso de que fuera económico). En su lugar, enviaba de manera directa todas las configuraciones desde la fábrica. Apple ha abierto algunas tiendas y vende productos ahí. Esto tiene sentido dado el bajo nivel de personalización en la mayoría de sus productos y la alta demanda de algunos otros como el iPod. De hecho, Apple ha visto un crecimiento constante en las ventas y las ganancias en sus puntos de venta.

4.4 COMERCIO ELECTRÓNICO Y LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

En esta sección empleamos algunas ideas analizadas en el capítulo para ver cómo el advenimiento del comercio electrónico a finales de la década de los noventa afectó la estructura y el desempeño de varias redes de distribución. La meta es entender qué impulsó la exitosa introducción del comercio electrónico en algunas redes y no en otras, y cómo debieron evolucionar éstas.

De manera similar a nuestra consideración con las redes de distribución, elaboramos una tarjeta de puntuación con base en cómo el comercio electrónico afecta la capacidad de la cadena para satisfacer las necesidades del cliente y el costo de satisfacerlas. Ahora detallamos los contenidos de cada categoría de la tarjeta.

IMPACTO DEL COMERCIO ELECTRÓNICO EN EL SERVICIO AL CLIENTE

Como en las redes de distribución consideradas anteriormente, empezamos estudiando de qué manera el comercio electrónico afecta los elementos del servicio al cliente, tales como el tiempo de respuesta, la variedad de productos, la disponibilidad, la experiencia del cliente, el tiempo para llegar al mercado, la visibilidad y la retornabilidad. También examinamos factores como ventas directas y la habilidad de ofrecer precios flexibles que ayudan al comercio electrónico.

Tiempo de respuesta a los clientes

Al vender productos físicos que no pueden ser transferidos por la red, al comercio electrónico sin un punto de venta físico le toma más tiempo cumplir la petición del cliente que a una tienda debido al lapso que tarda el envío. Por tanto, los clientes que requieren un tiempo de respuesta corto pueden no recurrir a Internet para ordenar el producto. Sin embargo, no existe tal retraso para productos que pueden ser transferidos. La venta en línea puede ofrecer una ventaja de tiempo en muchos casos. Por ejemplo, un prospecto de una sociedad de inversión o música pueden bajarse desde la Web. El correo directo de estos productos o incluso ir a la tienda de música puede tomar más tiempo.

Variedad de producto

A un negocio electrónico le es más fácil ofrecer una gran selección de productos que a una tienda física. Por ejemplo, Amazon ofrece una selección mucho mayor de libros que una librería tradicional. Ofrecer la misma selección requeriría de una gran instalación con el correspondiente inventario.

Disponibilidad del producto

Un negocio electrónico puede incrementar en gran medida la velocidad con la cual la información sobre la demanda del cliente se disemina a través de la cadena de suministro, dando oportunidad a realizar pronósticos más precisos. Éstos y una visión más precisa de la demanda del cliente llevan a una mejor coordinación entre la oferta y la demanda. Del lado del inventario, esto se traduce en tener más de aquello que demanda el cliente y menos de lo que no requiere. También permite la agregación del inventario que mejora la disponibilidad del producto.

Experiencia del cliente

Un negocio electrónico afecta la experiencia del cliente en términos de acceso, personalización y conveniencia. A diferencia de las tiendas que están abiertas sólo durante las horas hábiles, un negocio electrónico permite el acceso a los clientes que no pueden hacer pedidos durante las horas normales. Por ejemplo, un cliente puede colocar un pedido en Grainger.com aun cuando la tienda W.W. Grainger donde recogerá su mercancía esté cerrada. De hecho, W.W. Grainger ha observado un marcado aumento en los pedidos en línea después de que cierra su tienda física. El negocio electrónico también permite a la compañía tener acceso a clientes que están geográficamente distantes. Por ejemplo, una tienda pequeña especializada, ubicada cerca de Chicago, puede alcanzar a clientes de todo Estados Unidos, o incluso del mundo. Sin el negocio electrónico, sólo los clientes ubicados cerca de la tienda podrían comprar ahí. El acceso al negocio electrónico sólo está limitado por el acceso de los clientes a Internet.

Internet ofrece una oportunidad para crear una experiencia de compra personalizada para cada cliente. Por ejemplo, Amazon muestra productos que están relacionados con lo que el cliente recientemente ha comprado o buscado. Las compañías que se enfocan en la personalización en masa emplean Internet para ayudar a los clientes a seleccionar un producto que se adapte a sus necesidades. Por ejemplo, Dell permite a los clientes personalizar sus computadoras mediante el uso de opciones disponibles en su sitio Web.

El comercio electrónico puede incrementar la facilidad con la cual se hacen negocios, tanto para los clientes como para las compañías. Por ejemplo, brinda a los compradores la comodidad de no tener que salir de casa o de la oficina para hacer una compra. Asimismo, puede ayudar a automatizar el proceso de compra, incrementando la velocidad para realizar negocios y

disminuyendo el costo de colocar pedidos. Por ejemplo, muchos comercios electrónicos utilizan la información de compras pasadas para acelerar la actual.

Menor tiempo para llegar al mercado

Una compañía de comercio electrónico puede introducir nuevos productos más rápido que una que usa canales físicos. Una firma que vende computadoras personales a través de los canales físicos debe producir suficientes unidades para llenar los anaqueles de sus distribuidores y minoristas antes de que empiece a ver ingresos por el nuevo producto. En contraste, el negocio electrónico introduce un nuevo producto poniéndolo a disposición del cliente en el sitio Web y no existe demora en la distribución para llenar los canales físicos. El nuevo producto está disponible tan pronto como la primera unidad esté lista para ser producida. Esto es evidente en la industria de las computadoras, en la cual Dell con frecuencia introduce nuevos productos antes que los competidores que utilizan los canales tradicionales.

Visibilidad del pedido

Internet hace posible proporcionar visibilidad del estado del pedido. Desde la perspectiva del cliente, es crucial proporcionarla, puesto que un pedido en línea no tiene equivalente físico a la compra de un artículo que un cliente hace en la tienda.

Retornabilidad

La retornabilidad es más difícil con los pedidos colocados en línea, los cuales llegan de una ubicación centralizada. Es mucho más fácil devolver un producto comprado en una tienda tradicional. También es probable que la proporción de devoluciones sea mucho más alta para los pedidos en línea, debido a que los clientes no pueden tocar ni sentir el producto antes de la compra. Por tanto, operar en línea incrementa el costo de los flujos inversos.

Ventas directas a los clientes

El comercio electrónico permite que los fabricantes y otros miembros de la cadena que no tienen contacto directo con los clientes en los canales tradicionales incrementen sus ventas al evitar a los intermediarios y venderles directamente a los consumidores finales. Por ejemplo, Dell vende computadoras personales en línea directamente a los clientes. Como resultado, Dell es capaz de incrementar los ingresos y aumentar los márgenes debido a que no comparte ninguna porción de los ingresos con un distribuidor o minorista. En contraste, HP, que vende a través de minoristas, debe compartir algunos de sus ingresos con el distribuidor y el minorista, lo que da como resultado menores ingresos y márgenes para HP.

Precios flexibles, portafolio de productos y promociones

El comercio electrónico modifica con facilidad los precios al cambiar una entrada en la base de datos unida a su sitio Web. Esta habilidad le permite maximizar los ingresos al establecer precios con base en el inventario y demanda actuales. Las aerolíneas proporcionan un buen ejemplo de esta habilidad: hacen disponibles tarifas de bajo costo de último minuto en la Web en las rutas con asientos no vendidos. Dell también cambia con regularidad los precios de diferentes configuraciones de PC con base en la demanda y la disponibilidad de los componentes. Las compañías pueden cambiar sus precios en el comercio electrónico con más facilidad que la mayoría de los canales tradicionales. Si Dell o L.L. Bean utilizaran catálogos en papel para transmitir un descuento de precios, tendrían que imprimir nuevos catálogos y enviarlos por correo a los clientes potenciales. Sin embargo, con el comercio electrónico sólo tienen que actualizar el precio en su sitio Web. De igual manera, pueden cambiar su portafolio de productos que ofrecen como también las promociones del momento.

Transferencia eficiente de fondos

El comercio electrónico incrementa los ingresos al acelerar la cobranza. Un excelente ejemplo muestra cómo afecta áreas incluso fuera del mundo de los negocios. En las 48 horas posteriores a la victoria obtenida en las elecciones primarias presidenciales de 2000 en New Hampshire, la campaña del senador John McCain recolectó un millón de dólares a través de su sitio Web. En

contraste, le habría tomado más tiempo y esfuerzo procesar todos los pagos si el equipo de campaña hubiera recibido cheques por correo.

IMPACTO DEL COMERCIO ELECTRÓNICO EN EL COSTO

Por el lado de los costos, el comercio electrónico afecta los costos del inventario, instalaciones, transporte e información. Es importante observar que el impacto en cada caso no es necesariamente positivo.

Inventario

Un negocio electrónico puede disminuir los niveles y costos de los inventarios al mejorar la coordinación de la cadena de suministro y crear una mejor coordinación entre la oferta y la demanda. Además, permite a la compañía la agregación de inventarios lejos de los clientes si la mayoría de ellos están dispuestos a esperar la entrega de los productos que pidieron en línea. Como resultado de la agregación geográfica, un negocio electrónico requiere menos inventario. Por ejemplo, Amazon.com es capaz de agregar su inventario de libros y música en pocos almacenes. En contraste Borders y Barnes&Noble necesitan más inventario, ya que deben tener una porción significativa de sus existencias en las tiendas. Un punto clave que debe observarse es que el beneficio relativo de la agregación es pequeño para artículos de demanda alta y poca variabilidad, pero grande para artículos de demanda baja y alta variabilidad.

Un negocio electrónico puede disminuir significativamente sus inventarios si logra posponer la introducción de opciones distintas hasta después que se recibe el pedido del cliente. La demora que hay entre el momento de la colocación del pedido por parte del cliente y el momento en que espera la entrega ofrece una ventana de oportunidad para implementar la posposición. Por ejemplo, Dell mantiene componentes en inventario y ensambla las PC después de recibir el pedido del cliente. La cantidad de inventario de componentes requerida es mucho más baja de lo que sería si Dell mantuviera sus inventarios en la forma de PC ensambladas. Su negocio electrónico permite a Dell mantener menos inventario que una compañía que lleva su inventario a las tiendas en forma de productos terminados.

Instalaciones

Dos tipos básicos de costos de instalaciones deben ser incluidos en el análisis: costos relacionados con el número y ubicación de instalaciones en una red y los costos asociados con las operaciones que tienen lugar en esas instalaciones. El comercio electrónico reduce los costos de la red de instalaciones al centralizar las operaciones, porque disminuye el número de instalaciones requeridas. Por ejemplo, Amazon.com es capaz de satisfacer la demanda desde pocos almacenes, en tanto que Borders y Barnes&Noble deben incurrir en costos de instalaciones para todos los puntos de venta que operan.

Respecto a los costos de operación en curso, la participación del cliente en la selección y colocación del pedido permite al comercio electrónico disminuir sus costos de recursos. Por ejemplo, cuando un cliente va al sitio Web de Land's End, hace el esfuerzo por verificar la disponibilidad del producto y luego coloca su pedido. Cuando el mismo cliente llama para hacer un pedido, la compañía incurre en el costo adicional de que sus empleados verifiquen la disponibilidad del producto y coloquen el pedido. Un negocio electrónico disminuye sus costos de surtido de los pedidos, debido a que no tienen que satisfacerlos tan pronto como llegan. Una tienda minorista o supermercado debe proporcionar empleados en sus mostradores de ventas, de manera que haya más cajeros disponibles cuando los clientes estén comprando. Como resultado, estas tiendas requieren mucho personal durante los fines de semana y en los momentos cuando la gente no está trabajando. En el comercio electrónico, si se mantiene un grupo razonable de pedidos no atendidos, la tasa de surtido de pedidos puede ser significativamente más uniforme que la tasa a la cual llegan los pedidos, lo cual disminuye la carga pico para el surtido de pedidos y, por tanto, reduce las necesidades y el costo de los recursos.

Además, los costos de operación disminuyen para el fabricante que vende directamente a los clientes, puesto que pocas etapas de la cadena tocan el producto conforme llega al cliente, por lo tanto se reducen los costos de manejo.

Sin embargo, para algunos productos, como alimentos de primera necesidad, el comercio electrónico tiene que desempeñar las tareas que actualmente desempeña el cliente en los supermercados lo que afecta tanto los costos de manejo como los de transporte. En tales situaciones, el comercio electrónico incurrirá en mayores costos de manejo y entrega que el supermercado. Por ejemplo, mientras que un cliente escoge los artículos requeridos en la tienda, el comercio electrónico como Peapod incurre en altos costos de manejo debido a que sus empleados deben surtir el pedido del cliente de los anaqueles del almacén y entregarlos en el domicilio del mismo.

Transporte

Si una compañía puede poner su producto en una forma que pueda ser descargada, Internet le permitirá ahorrar en costo y tiempo de entrega. Por ejemplo, la música y el software que se bajan de Internet ofrecen una oportunidad para eliminar todos los costos asociados con transportar los discos compactos. Para los productos no digitales, la agregación de inventarios incrementa el costo del transporte saliente en relación con el entrante. En comparación con un negocio con muchos puntos de venta, el comercio electrónico con inventarios agregados tiende a tener altos costos de transporte (a lo largo de la cadena de suministro) por unidad, debido a los costos externos más altos.

Información

El comercio electrónico comparte la información de la demanda a lo largo de su cadena de suministro para mejorar la visibilidad. Internet también puede emplearse para compartir la planeación y los pronósticos dentro de la cadena, mejorando aún más la coordinación. Esto ayuda a reducir los costos de la cadena y a sincronizar mejor la oferta con la demanda. Aquí vemos que la información es un habilitador de muchos de los beneficios del comercio electrónico analizados hasta ahora.

Sin embargo, el comercio electrónico incurre en costos de información adicionales. El costo del software y el hardware para establecer el comercio electrónico es con frecuencia significativo. Los costos necesitan ser ponderados en función de los beneficios que se obtendrán. Tenga en mente que mucha de la infraestructura de la tecnología informática (TI) para el comercio electrónico puede ya estar lista para operar en un negocio establecido. Esto reduce en gran medida el costo creciente necesario para el comercio electrónico.

La tarjeta de puntuación en blanco del comercio electrónico empresa a cliente (B2C), que se muestra en la tabla 4-9, la utiliza la compañía para resumir el impacto de cada una de las áreas identificadas con anterioridad.

El valor de establecer el comercio electrónico no es el mismo en toda la industria. Mientras que Dell ha visto incrementar sus ganancias después de establecerse en línea, Webvan y mu-

TABLA 4-9 Tarjeta de puntuación del comercio electrónico

Área	*Impacto*
Tiempo de respuesta	
Variedad de producto	
Disponibilidad de producto	
Experiencia del cliente	
Tiempo para llegar al mercado	
Visibilidad del pedido	
Ventas directas	
Precios flexibles, portafolio de productos y promociones	
Transferencia eficiente de los fondos	
Inventario	
Instalaciones	
Transporte	
Información	

Clave: +2 = muy positivo; +1 = positivo; 0 = neutral; −1 = negativo; −2 = muy negativo.

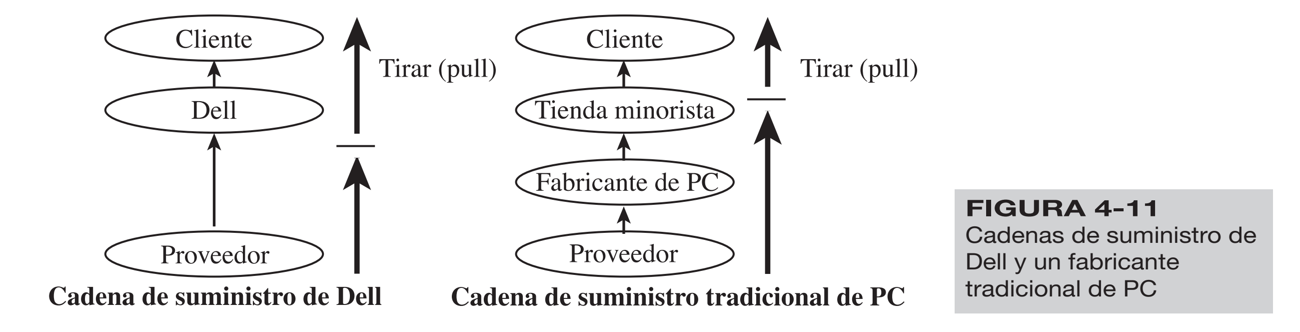


FIGURA 4-11
Cadenas de suministro de Dell y un fabricante tradicional de PC

chas otras tiendas han quebrado. La tarjeta de puntuación de la tabla 4-9 se emplea para entender cómo el comercio electrónico afecta el desempeño de las diferentes redes de cadenas de suministro. En la siguiente sección aplicamos la tarjeta a varios ejemplos.

USO DEL COMERCIO ELECTRÓNICO PARA VENDER COMPUTADORAS PERSONALES: DELL

La industria de las computadoras personales en general, y Dell en particular, han utilizado de manera efectiva el comercio electrónico para mejorar el desempeño de las redes de la cadena de suministro. Como se observa en la figura 4-11, Dell vende PC directamente a los clientes, tanto a compañías como a consumidores, e inicia el ensamblaje después de recibir el pedido de un cliente (por el hecho de que Dell está por encima de la frontera empuje/tirón). En comparación, los fabricantes tradicionales ensamblan la PC en la fase de empuje de la cadena, ya que deben tener productos disponibles ensamblados para su compra en la tienda.

Impacto del comercio electrónico en el servicio al cliente en la industria de las computadoras personales

La principal desventaja para Dell de vender computadoras personales por Internet es que no puede atraer a clientes que no están dispuestos a esperar entre cinco y 10 días para recibir su pedido. Sin embargo, la compra de una PC por lo general se planea; la mayoría de la gente está dispuesta a esperar la entrega. Además, Dell no atrae a los clientes que necesitan ayuda para seleccionar su computadora. Sin embargo, el segmento de compradores a los que no les incomoda seleccionar su propia PC y que están dispuestos a esperar la entrega es bastante grande y sigue creciendo. Por lo tanto, Dell como otros fabricantes de computadoras que venden por Internet se enfocan en este grupo de consumidores.

Dell es capaz de explotar la mayoría de sus oportunidades para mejorar la capacidad de respuesta ofrecida por el comercio electrónico. La compañía utiliza Internet para ofrecer una gran variedad de configuraciones diferentes de PC. A los clientes se les permite seleccionar configuraciones de PC recomendadas o personalizarlas para tener el procesador, memoria, disco duro y otros componentes deseados. La personalización permite a Dell satisfacer a los clientes dándoles un producto que es cercano a sus requerimientos específicos. Las opciones de personalización son muy fáciles de mostrar en Internet, permitiéndole atraer clientes que valoran esta opción. Dell también utiliza páginas Web personalizadas para permitir a los clientes grandes colocar pedidos.

Internet permite a Dell llevar nuevos productos al mercado mucho más rápido que los competidores que venden en tiendas minoristas. Esto es particularmente importante, puesto que los productos en la industria de las computadoras personales tienen ciclos de vida cortos de pocos meses. Las compañías competidoras que venden a través de distribuidores y minoristas necesitan llenar los anaqueles de éstos antes de que el producto llegue al cliente. Por el contrario, Dell introduce un nuevo producto para los clientes en Internet tan pronto como está listo para su ensamblaje. Como resultado, puede ofrecer nuevos componentes en sus productos en cuanto están disponibles. A los competidores les toma más tiempo llevar nuevos componentes al mercado.

Aunque la compañía no puede competir con el minorista en términos de tiempo de respuesta cuando se trata de una PC que la tienda tiene en inventario, Dell es uno de los más rápidos en proporcionar a los clientes computadoras personales personalizadas. La compañía ha diseñado sus productos y procesos de ensamblaje para armar las PC personalizadas después de que el cliente coloca el pedido. Sin la interacción directa entre el cliente y Dell que el comercio electrónico permite, la reacción de Dell sería más lenta y la compañía no podría tener una gran capacidad de respuesta con productos personalizados. Reducir el tiempo de respuesta unos pocos días permite a Dell atraer más clientes que no desean esperar a recibir sus computadoras.

Dell también emplea la flexibilidad en el precio que Internet ofrece para incrementar sus ingresos. El personal de ventas de Dell cambia los precios y el tiempo de entrega diariamente, con base en la demanda y la oferta de los componentes, a fin de maximizar el ingreso que pueden generar los recursos disponibles. Para estimular las ventas, la compañía reduce sus precios en configuraciones que contienen componentes con exceso de inventario.

Usando Internet como medio para vender sus PC directamente a los clientes, Dell ha sido capaz de eliminar los márgenes del distribuidor y del minorista e incrementar su propio margen. Internet permite a sus clientes colocar pedidos en cualquier momento del día. En relación con otros canales, Internet hace mucho más barato proporcionar el acceso, ya que disminuye la fuerza laboral requerida. A las tiendas de computadoras, por ejemplo, les resultaría muy caro permanecer abiertas todo el tiempo.

El tener un negocio electrónico permite a Dell cobrar los pagos de sus computadoras personales en cuestión de días después de venderlas. Sin embargo, a sus proveedores les paga de acuerdo con programas de liquidación más tradicionales en los cuales el pago vence en semanas (por ejemplo, 30 días). Dados sus bajos niveles de inventario, Dell es capaz de operar su negocio con capital de trabajo negativo puesto que recibe el pago de sus PC alrededor de 30 días antes de que pague a sus proveedores por los componentes. Una cadena de suministro de PC que incluye distribuidores y minoristas no puede lograr estos resultados.

Impacto del comercio electrónico en el costo de la industria de las computadoras personales

Costos de inventario. El comercio electrónico ofrece a Dell la capacidad de reducir sus inventarios al agregarlos en pocas ubicaciones geográficas, mientras que una cadena de tiendas minoristas que vende computadoras debe mantener inventarios en cada tienda. Dell reduce aún más los inventarios al explotar el tiempo que transcurre desde el momento en el cual llega el pedido en línea hasta el punto en el cual debe ser enviado el artículo. Los productos y líneas de ensamblaje están diseñados para que todos los componentes sobre los cuales ofrece la personalización se ensamblen en un lapso corto. Esto permite a Dell posponer el ensamblado hasta después de que el cliente ha colocado el pedido. Como resultado, Dell mantiene todos los inventarios en la forma de componentes que son comunes a múltiples productos terminados. El aplazamiento, aunado a los componentes comunes, permite a Dell reducir los inventarios significativamente.

A un fabricante de PC que vende a través de distribuidores y minoristas le resulta difícil implementar el aplazamiento. Como resultado, los fabricantes tradicionales de PC con frecuencia se quedan con configuraciones que no se venden y, al mismo tiempo, se les agotan las configuraciones que tienen mucha demanda. En contraste, Dell es más capaz de ajustar la oferta a la demanda.

Costos de instalaciones. El comercio electrónico permite a la cadena de suministro de Dell disminuir los costos de sus instalaciones, debido a que no tiene distribución física o puntos de venta. Dell incurre sólo en el costo de las instalaciones de la fábrica y del espacio de almacenamiento para los componentes. Una cadena de suministro de PC que vende a través de minoristas debe pagar por los almacenes de distribución y de tiendas minoristas.

El comercio electrónico también ha permitido a Dell aprovechar la participación del cliente en la colocación del pedido y, por tanto, disminuir los costos de procesamiento en sus instalaciones. Dell ahorra en el costo de representantes de centros de atención telefónica, ya que los clientes hacen todo el trabajo cuando colocan el pedido en línea.

Costos de transporte. Como resultado del comercio electrónico, los costos de transporte totales en la cadena de suministro de Dell son más altos que en una cadena que vende computadoras personales a través de distribuidores y minoristas. Dell envía PC individualmente a sus clientes desde las fábricas, mientras que un fabricante que vende a través de distribuidores y minoristas envía grandes embarques en camiones a los almacenes y a los minoristas. La cadena de Dell tiene, por tanto, costos de transporte saliente muy altos. En relación con el precio de una PC de alto costo, el costo de transporte es bajo (en general 2 a 3%) y, por tanto, no tiene mayor impacto en el costo total.

Costos de información. Aunque Dell ha hecho una inversión significativa en tecnología informática para implementar su modelo de fabricación bajo pedido, estos costos se compensan con creces con los beneficios analizados con anterioridad. Además, sin importar el estado del comercio electrónico de Dell, la compañía incurrirá en la mayoría de estos costos de TI. Por tanto, el comercio electrónico incrementa los costos de información de Dell, aunque no es un factor significativo, considerando los beneficios.

Impacto del comercio electrónico en el desempeño de Dell

Como se resume en la tarjeta de puntuación de comercio electrónico que se presenta en la tabla 4-10, éste permite a Dell mejorar significativamente su desempeño en términos tanto de capacidad de respuesta como de costo. Como resultado, los clientes están satisfechos en tanto que Dell es capaz de reducir los costos. Dell, para agrado de los accionistas, ha explotado cada ventaja que Internet ofrece para mejorar su rendimiento.

Una red de cadenas de suministro de PC que emplea tiendas minoristas e Internet

A primera vista pudiera parecer que todos los fabricantes de computadoras personales deberían estructurar sus redes como lo hace Dell. Un cuidadoso estudio, sin embargo, indica que un fabricante tradicional de PC, que vende a través de distribuidores y minoristas, puede obtener mucho si incorpora Internet a su red existente. Este tema cobra mayor importancia conforme el hardware se vuelve más un artículo de primera necesidad. El fabricante debe emplear el comercio electrónico para vender nuevos productos o configuraciones personalizadas de computadoras cuya demanda es difícil de pronosticar, y dejar que el canal de minoristas venda configuraciones estándares cuya demanda es fácil de pronosticar. Además, debe lanzar nuevos

TABLA 4-10 Impacto del comercio electrónico en el desempeño de Dell

Área	*Impacto*
Tiempo de respuesta	−1
Variedad de producto	+2
Disponibilidad de producto	+1
Experiencia del cliente	+2
Tiempo para llegar al mercado	+2
Visibilidad del pedido	+1
Ventas directas	+2
Precios flexibles, portafolio de productos y promociones	+2
Transferencia eficiente de los fondos	+2
Inventario	+2
Instalaciones	+2
Transporte	−1
Información	0

Clave: +2 = muy positivo; +1 = positivo; 0 = neutral; −1 = negativo; −2 = muy negativo.

modelos por Internet, y conforme crezca la demanda de algunos de los modelos, éstos deberían agregarse al canal del minorista. Otra opción es introducir configuraciones recomendadas de nuevos modelos en las tiendas minoristas, mientras que se venden todas las configuraciones personalizadas en Internet. El fabricante es capaz de disminuir los inventarios al agregar producción de alta variabilidad y satisfacer la demanda en línea. Estos modelos deberían fabricarse bajo pedido usando tantos componentes comunes como sea posible. Los modelos estándar pueden producirse aplicando un método de bajo costo incluso si esto supone un tiempo de espera mayor. Su venta a través de distribuidores y minoristas permite a la cadena ahorrar en costos de transporte, lo cual es posible que sea más significativo para estas configuraciones de bajo costo. Se les puede permitir a los minoristas participar en el comercio electrónico poniendo kioscos donde los clientes puedan configurar los modelos de su elección u ordenar modelos estandarizados que no hay en inventario. Es importante que los fabricantes tradicionales de PC den a los minoristas la oportunidad de participar en el comercio electrónico para evitar dañar las relaciones existentes con el canal.

Un fabricante tradicional utiliza una estrategia doble, resumida previamente, para aprovechar tanto las fortalezas del comercio electrónico como las de los canales de distribución o tiendas minoristas tradicionales. Gateway fracasó en su esfuerzo con las tiendas minoristas, puesto que no usó ninguna de las fortalezas de la cadena. En lugar de limitarse a ayudar a la gente con la configuración, pudo haber atendido mejor a sus clientes teniendo también configuraciones recomendadas en sus tiendas. Esto hubiera satisfecho de inmediato a los clientes que las quisieran y, al tiempo, le hubiera permitido a Gateway producir con más eficiencia configuraciones personalizadas.

EMPLEO DEL COMERCIO ELECTRÓNICO PARA VENDER LIBROS: AMAZON

En julio de 1995, las cadenas de suministro de los libros experimentaron una transformación con el advenimiento del comercio electrónico y el lanzamiento de Amazon.com. Desde ese año, Amazon.com ha agregado música, juguetes, electrónica, software, y equipo para mejorar el hogar a su oferta de productos. Es justo decir que el crecimiento de la utilidad que Internet ha traído a la industria del libro ha sido menor que el de la industria de las computadoras personales.

Impacto del comercio electrónico en el servicio al cliente de la industria del libro

Por varias razones, el comercio electrónico no ha ayudado a las utilidades en la industria del libro en el mismo grado que la industria de las computadoras personales. A diferencia de esta última, en la cual facilita las ventas directas entre los fabricantes, en la industria del libro no ha acortado la cadena de suministro.

Como en el caso de Dell, los clientes que quieren un libro rápidamente no pueden comprar en Amazon.com. Por lo tanto, el comercio electrónico sólo puede atraer a clientes que estén dispuestos a esperar unos días para recibir su libro. Tampoco puede atraer clientes que valoran la posibilidad de hojear los libros. La compañía trata de contrarrestar este problema proporcionando reseñas y otro tipo de información sobre los libros que permita a los clientes apreciar el libro que se vende en línea.

Para contrarrestar estas desventajas, Amazon.com ha explotado varias oportunidades en Internet para atraer clientes e incrementar los ingresos. Para atraerlos ofrece una enorme variedad de millones de libros. Los clientes pueden buscar libros difíciles de encontrar o aquellos de interés especial. Una librería grande, por el contrario, puede tener, si acaso, cien mil títulos. Amazon.com también emplea Internet para recomendar libros a clientes con base en su historial de compras. A los clientes se les envían correos con información de los nuevos títulos que concuerdan con sus intereses. También, se les proporcionan reseñas y comentarios de otros clientes sobre las obras disponibles. Se introducen con rapidez nuevos títulos y ponen a la disposición en línea, mientras que en una cadena de librerías físicas no los tendrían almacenados.

Amazon.com emplea Internet para permitir a los clientes ordenar un libro a cualquier hora desde la comodidad de su hogar. Si los clientes saben qué libros quieren, pueden colocar

el pedido en línea y los libros les serán enviados hasta su puerta. No hay necesidad de salir de casa y pasar una hora o dos en trayecto para llegar a la librería física. Este hecho permite a Amazon atraer clientes que valoran la conveniencia y que están dispuestos a esperar la entrega.

Impacto del costo del comercio electrónico en la industria del libro

Amazon.com emplea también el comercio electrónico para disminuir su inventario y algunos de sus costos de instalaciones. Sin embargo, los costos de transporte se incrementan como resultado de la venta de libros en línea.

Costos de inventario. Amazon.com es capaz de disminuir sus costos de inventario mediante la agregación de inventarios en pocas ubicaciones geográficas. Una cadena de librerías, en contraste, tiene inventarios más altos puesto que los títulos se llevan a cada tienda. La reducción de los inventarios que se debe a la agregación es más significativa para los libros de demanda baja con una alta incertidumbre en la demanda. El beneficio es menos significativo para los éxitos editoriales cuya demanda es más predecible. Amazon.com tiene títulos de demanda alta en su inventario, pero compra los títulos de baja demanda a un distribuidor en respuesta a los pedidos que colocan los clientes. Esto permite que la cadena de Amazon.com reduzca aún más los inventarios de los títulos de demanda baja, debido a que los distribuidores pueden agregarla a través de otros vendedores de libros, además de Amazon.

Costos de instalaciones. El comercio electrónico permite a Amazon.com disminuir sus costos de instalaciones, ya que no necesita la infraestructura de un minorista como la que deben tener Borders o Barnes&Noble. Inicialmente, Amazon.com no tenía un almacén y compraba los libros a los distribuidores. Cuando los volúmenes de la demanda eran bajos, el distribuidor era la mejor ubicación para llevar los inventarios, debido a que agregaba la demanda de otros vendedores de libros, además de Amazon.com. Conforme la demanda creció, Amazon.com tuvo que abrir sus propios almacenes para los libros de más demanda. Ahora compra los libros de demanda alta directamente en las editoriales y recurre a los distribuidores para comprar los libros de demanda baja. Debido a lo anterior, los costos de las instalaciones en Amazon.com están creciendo; sin embargo, son todavía menores que los costos de una cadena de librerías, ya que no tiene tiendas minoristas.

Costos de transporte. La cadena de suministro de Amazon.com incurre en costos más altos que los de una librería que vende a través de tiendas minoristas. Las librerías locales no tienen el costo de hacer llegar los libros de manera individual a los clientes. Amazon.com, por el contrario, incurre en el costo de enviar los libros a sus clientes desde sus almacenes. El costo del envío representa una fracción significativa del costo de un libro (puede ser incluso más alto que el 100% para un libro barato). Conforme la demanda ha crecido, Amazon.com ha abierto varios almacenes en un esfuerzo de acercarse al cliente, disminuir los costos de transporte y mejorar el tiempo de respuesta.

Costos de información. Como en el caso de Dell, establecer el comercio electrónico requiere cierta inversión adicional en TI, pero esto no es incrementalmente significativo en comparación con la TI que se requiere para operar un negocio tradicional. Por tanto, los costos de TI para un comercio electrónico son un poco más altos, pero no son prohibitivos.

Impacto del comercio electrónico en el desempeño de Amazon

La tarjeta de puntuación para el comercio electrónico de Amazon se resume en la tabla 4-11. En comparación con la tabla 4-10, aquélla muestra que el comercio electrónico ofrece muchas más ventajas cuando se venden computadoras personales que cuando se venden libros. Algunas diferencias clave entre los dos productos son que: (1) la diferenciación de productos en las computadoras personales puede ser pospuesta hasta que el cliente coloca un pedido, mientras que los libros se publican con bastante antelación a la venta, y (2) los costos de transporte representan una porción mucho mayor de los costos de los libros y una pequeña porción en relación con las PC. Si los libros se pudieran descargar por Internet, Amazon.com sería capaz

TABLA 4-11 Impacto del comercio electrónico en el desempeño de Amazon.com

Área	*Impacto*
Tiempo de respuesta	−1
Variedad de producto	+2
Disponibilidad de producto	+1
Experiencia del cliente	+1
Tiempo para llegar al mercado	+1
Visibilidad del pedido	0
Ventas directas	0
Precios flexibles, portafolio de productos y promociones	+1
Transferencia eficiente de los fondos	0
Inventario	+1
Instalaciones	+1
Transporte	−2
Información	−1

Clave: +2 = muy positivo; +1 = positivo; 0 = neutral; −1 = negativo; −2 = muy negativo.

de explotar todas las ventajas que Dell aprovecha en la actualidad, y también podría enviar sus productos por Internet. Como resultado, muchas de las actuales desventajas de Amazon desaparecerían.

Otros productos que se pueden descargar y que Amazon vende en la actualidad son software y música. En ambos casos, Amazon.com puede incrementar el beneficio del comercio electrónico ya sea si crea discos compactos en respuesta al pedido del cliente o si le permite descargar los productos. Para otros artículos, como juguetes y herramientas de mano, existen posibilidades limitadas para aplazar su diferenciación. Las ventajas del comercio electrónico para Amazon.com en aquellas categorías de productos continuarán siendo pequeñas en comparación con los puntos de venta físicos.

Una red de cadena de suministro para libros que utiliza tiendas e Internet

El desempeño de la cadena de suministro de una librería tradicional mejora significativamente mediante la combinación de fortalezas de los canales de comercio minorista y en línea. Es importante que nos demos cuenta de que los beneficios de la agregación son más significativos para libros de demanda baja y difícil de pronosticar. Las cadenas de suministro de libros deben ser estructuradas de manera que los puntos de venta tengan muchos ejemplares de los libros de mayor venta para que los compre el cliente, y un ejemplar de los libros de demanda baja para alentar a los clientes a buscar y hacer compras por impulso. Deben proporcionarse terminales o kioscos de Internet para que los clientes que quieran ordenar libros de demanda baja puedan colocar sus pedidos en línea. La presencia de kioscos incrementa la variedad de libros que la tienda puede ofrecer. Este método permite a la cadena reducir inventarios mediante la agregación de libros de demanda baja vendidos en línea, mientras que mantiene los costos de transporte bajos para los éxitos editoriales que se venden en las tiendas minoristas.

USO DEL COMERCIO ELECTRÓNICO PARA VENDER COMESTIBLES: PEAPOD

En 1998 y 1999 surgieron muchos negocios electrónicos en la industria de los productos de consumo, aunque prácticamente todas estas empresas han cerrado. Peapod, una de las tiendas de comestibles en línea más antiguas, es una de las pocas que quedan. En virtud de los malos antecedentes en esta industria, se podría conjeturar que no es apropiada para el comercio electrónico. Echemos un vistazo con nuestra tarjeta de puntuación para ver si éste es el caso.

Peapod empezó por atender pedidos recurriendo a los empleados de las tiendas de comestibles para surtirlos y entregarlos. La compañía ahora atiende los pedidos desde centros de surtido centralizados y también desde algunos grandes supermercados. Cada centro es mucho más grande que un supermercado, por lo que se le compara con un almacén. Peapod y las cadenas de los supermercados son comparables, salvo porque para un supermercado algunos de los productos vienen de un almacén mientras que el resto viene directamente de los proveedores.

Impacto del comercio electrónico en el servicio al cliente en la industria de los productos de consumo

Peapod y otras tiendas de supermercados en línea han tratado de vender la conveniencia y los ahorros de tiempo que ofrecen a sus clientes. Para mucha gente, la compra de comestibles es una tarea que consume tiempo y que rara vez se disfruta. Peapod permite a los clientes colocar pedidos en cualquier momento para entrega a domicilio, eliminando el viaje al supermercado. Esto puede ser una conveniencia significativa, en especial en las áreas urbanas, donde los clientes tienen que caminar hasta el supermercado y llevar todos sus comestibles a casa. En las áreas suburbanas, el beneficio es menor, ya que la gente conduce a los supermercados con relativa facilidad. Sin embargo, la conveniencia de ahorrar tiempo sigue siendo algo valioso.

El factor de la conveniencia relacionado con el acceso es incluso más significativo si un proveedor de comida especializado comienza a operar por Internet. Por ejemplo, las tiendas de comida étnica no son tan accesibles como los supermercados y la gente con frecuencia conduce grandes distancias para llegar a ellas. Ofrecer comida étnica por Internet proporciona fácil acceso a los clientes y ahorra un largo viaje manejando. Ethnicgrocer.com es un comercio electrónico que se especializa, como el nombre lo indica, en comestibles y productos étnicos. Peapod, sin embargo, no ofrece mucha mayor variedad que la que ofrece un supermercado típico. Casi todos los grandes supermercados ofrecen una amplia variedad para cubrir las necesidades de la mayoría de los hogares.

Peapod es capaz de incrementar los ingresos mediante la creación de una experiencia de compras personalizada para los clientes y la entrega de publicidad y promociones personalizadas. Esto se lleva a cabo empleando perfiles del socio que Peapod crea con base en el comportamiento de compras en línea, historial de compras y encuestas. A diferencia de un supermercado, donde la tienda no conoce lo que ha seleccionado el cliente hasta que éste paga, Peapod puede guiar en línea a los clientes con base en lo que compran. Por ejemplo, si un cliente compra pasta, le puede sugerir un tipo de salsa o algún queso parmesano. Durante largos periodos, puede recolectar los patrones de compra y sugerir productos que se ajustan a las preferencias del cliente. Tales sugerencias mejoran los ingresos al incrementar las compras por impulso.

Peapod también incrementa sus ingresos dando a las compañías de bienes de consumo un foro para publicidad interactiva dirigida y cupones electrónicos. Para incrementar sus ingresos, vende información sobre las preferencias de los clientes a fabricantes de productos. Esta información es más valiosa que la de un escáner de un supermercado, ya que esta última sólo revela las compras finales del cliente. Una compañía de comestibles en línea puede almacenar los patrones de sustitución del cliente para artículos agotados. Mientras que con la información del escáner no se puede registrar las sustituciones, puesto que no hay manera de saber si el cliente buscó algo que estaba agotado.

Impacto del comercio electrónico en los costos de la industria de los productos de consumo

Peapod y otros supermercados en línea utilizan el comercio electrónico para disminuir algunos costos de sus instalaciones y, hasta cierto punto, los costos de inventario. Los costos de selección de artículos para preparar un pedido y los de transporte, sin embargo, son mucho más altos que para los supermercados tradicionales.

Costos de inventario. En comparación con una cadena de supermercados, una tienda en línea como Peapod disminuye los inventarios al agregar el inventario en unos cuantos centros

grandes de reabastecimiento. El grado de agregación, sin embargo, es menor que el que logra Amazon.com o Dell, debido a que Peapod necesita centros de surtido en cada área urbana que atiende para entregar los alimentos a sus clientes en condiciones aceptables.

Los beneficios de la agregación se ven disminuidos aún más por el hecho de que la mayoría de los productos vendidos en los supermercados son artículos de primera necesidad con una demanda uniforme. Por tanto, la agregación proporciona un beneficio marginal en términos de una mejor precisión en el pronóstico e inventarios reducidos (véase el capítulo 11). Los beneficios de la agregación son más altos para artículos especiales, cuya demanda es baja y muy incierta. Estos productos constituyen una pequeña fracción de todas las ventas en el supermercado. Por tanto, la agregación permite que los supermercados electrónicos (e-grocers) disminuyan sus costos de inventario sólo de manera marginal en comparación con un supermercado típico. Si los supermercados en línea se enfocan principalmente en artículos especiales como comida étnica, los beneficios del inventario de la agregación serían más grandes.

Costos de instalaciones. El comercio electrónico de Peapod le permite disminuir los costos de instalaciones, puesto que sólo necesita almacenes, de modo que ahorra en el costo de los puntos de venta como supermercados. Sin embargo, los costos de procesamiento para surtir un pedido son significativamente más altos que los de los supermercados, y superan con creces los ahorros que genera el hecho de necesitar pocas instalaciones. Peapod ahorra en cajeros, en comparación con un supermercado, pero debe preparar los pedidos de los clientes, una tarea que éstos realizan en un supermercado y que consume mucho más tiempo que el de la caja. De esta manera el comercio electrónico tiene como resultado una pérdida de la participación del cliente (en comparación con un supermercado) y eleva los costos totales de la instalación.

Transporte. Un supermercado en línea como Peapod tiene costos de transporte significativamente más altos que un supermercado tradicional. Este último tiene la ventaja de absorber sólo los costos de transporte de los productos entrantes, pues los clientes son quienes proporcionan el transporte del supermercado a sus hogares. Los costos de transporte entrante tienden a ser bajos debido a que los supermercados tradicionales tienen grandes entregas que les permiten explotar las economías de escala en el transporte. Peapod, en contraste, tiene que cubrir todos los costos de transporte entrante a sus centros de surtido y también los de la entrega externa desde los centros de surtido hasta los domicilios de los clientes. Los costos de transporte saliente son altos, ya que los pedidos deben entregarse en el domicilio de cada uno de los clientes. La tarea se vuelve todavía más problemática, dados los diferentes requerimientos de temperatura para diferentes tipos de comida.

En comparación con las computadoras e incluso con los libros, los artículos de consumo básico tienen una razón baja de valor a peso/volumen. Por ejemplo, las toallas de papel y el papel higiénico tienen un valor muy bajo pero ocupan mucho espacio en el camión. Por tanto, los costos de transporte son una fracción significativa de los costos en los que se incurre por las provisiones en línea. Esto hace muy difícil para un supermercado en línea competir en precios con uno tradicional.

Costos de información. Otra vez, la infraestructura de TI requerida para el comercio electrónico incrementa los costos. En el caso de un supermercado electrónico, esto es de alguna manera más significativo que para otros negocios que hemos analizado, ya que este tipo de mercado asume un rango más amplio de funciones que los compradores hacen por sí mismos en el comercio tradicional. Por tanto, los costos de TI son más altos para este tipo de supermercado. Como en los otros ejemplos, los costos de TI no son un factor para terminar con este tipo de negocio.

Impacto del comercio electrónico en el desempeño de Peapod

El comercio electrónico ofrece algunas oportunidades de mejorar los ingresos en la industria del supermercado. Los costos, sin embargo, son significativamente más altos para un supermercado en línea que para uno tradicional, como se ve en la tabla 4-12. Una comparación de las tablas 4-10, 4-11 y 4-12 muestra que el comercio electrónico ofrece pocos beneficios en la venta de comestibles en comparación con los libros y las PC. Los supermercados son lo suficiente-

TABLA 4-12 Impacto del comercio electrónico en el desempeño de Peapod

Área	*Impacto*
Tiempo de respuesta	−1
Variedad de producto	0
Disponibilidad de producto	0
Experiencia del cliente	+1
Tiempo para llegar al mercado	0
Visibilidad del pedido	−1
Ventas directas	0
Precios flexibles, portafolio de productos y promociones	+1
Transferencia eficiente de los fondos	0
Inventario	0
Instalaciones	−1
Transporte	−2
Información	−1

Clave: +2 = muy positivo; +1 = positivo; 0 = neutral; −1 = negativo; −2 = muy negativo.

mente grandes para disfrutar de la mayoría de los beneficios del inventario que ofrece la agregación, sin tener el costo de la entrega adicional en el que incurre un supermercado en línea. Estos supermercados no pueden competir con los tradicionales en precio y sólo pueden tener éxito si hay suficiente gente dispuesta a pagar una prima o un sobreprecio por la conveniencia de la entrega a domicilio. Los supermercados en línea, sin embargo, pueden proporcionar alguna ventaja en el costo cuando se venden comestibles especiales cuya demanda tiende a ser baja e incierta.

Valor del negocio electrónico para una cadena de supermercado tradicional
Las cadenas tradicionales de supermercados se benefician al utilizar el comercio electrónico para complementar las fortalezas de su red existente. Al emplearlo se ofrece comodidad a los clientes que están dispuestos a pagar por ella. Los supermercados pueden emplearse cuando se tiene como objetivo captar clientes que valoran los precios bajos.

Una cadena de supermercados con un comercio electrónico tiene la oportunidad de ofrecer toda una gama de servicios a diferentes precios con base en la cantidad de trabajo que realiza el cliente. El servicio más barato supone que los clientes entren a la tienda y compren los productos que desean. En este caso, el cliente surte su pedido en los estantes y proporciona el transporte saliente. Por un cargo adicional, un supermercado podría permitir que los clientes colocaran los pedidos en línea para recogerlos más tarde. El personal del supermercado surtiría el pedido de los estantes y el cliente proporcionaría el transporte saliente. El servicio más caro es cuando el cliente coloca un pedido en línea para entrega a domicilio. En este caso, la cadena es responsable tanto de surtir el pedido desde los anaqueles como de entregarlo a domicilio. Los diversos servicios y precios permitirán al supermercado satisfacer en forma eficiente las necesidades de una variedad de clientes.

Entre las cadenas de supermercados, Albertsons ha asumido el liderazgo al combinar el comercio electrónico con los mercados físicos. Ha renombrado algunas de sus tiendas como Albertsons.com. La mitad de la tienda sigue siendo un supermercado tradicional y la otra se emplea para satisfacer los pedidos en línea. Esto permite a la compañía explotar las economías de escala del transporte entrante mientras que en el saliente mantiene cortas distancias de entrega a los clientes. Los clientes tienen la opción de recoger sus pedidos en la tienda o recibirlos en su domicilio. Con base en nuestro análisis, es probable que el modelo de Albertsons sea el método más eficaz para combinar el comercio electrónico con los supermercados tradicionales en la industria de los productos de consumo, mientras que los totalmente electrónicos probablemente sean menos efectivos.

Como mencionamos con anterioridad, el canal en línea es mucho más efectivo para tiendas especializadas. De hecho, Amazon.com ha instalado una de estas tiendas en su sitio Web para atender este mercado.

USO DEL COMERCIO ELECTRÓNICO PARA VENDER SUMINISTROS DE MRO: GRAINGER.COM

W.W. Grainger es un distribuidor de empresa a empresa (B2B o Business to Business) de suministros de MRO (mantenimiento, reparación y operación), que vende más de 200,000 productos diferentes que van desde consumibles como lubricantes de maquinaria hasta ferretería como tornillos y tuercas. Tradicionalmente vendía utilizando un catálogo impreso. Los clientes colocaban los pedidos por teléfono o caminaban para tal efecto hasta una de las 400 sucursales (similares a las tiendas minoristas) en Estados Unidos. El comprador recogía los pedidos telefónicos en la sucursal o un servicio de envío por paquetería las entregaba al consumidor final. En 1995, la compañía estableció un negocio electrónico, Grainger.com, que permitió a los clientes colocar sus pedidos en línea. Este negocio ha crecido rápidamente en la industria de los suministros de MRO, con competidores como McMaster-Carr, que ha construido el suyo propio.

Impacto del comercio electrónico en el servicio al cliente de W.W. Grainger

W.W. Grainger está en posición de explotar varias oportunidades que ofrece Internet. Grainger.com le da acceso al cliente a los 220,000 productos, mientras que el catálogo impreso ofrece sólo cerca de 80,000. En comparación con el catálogo, la búsqueda de un producto es más simple por Internet gracias a los motores de búsqueda que ha desarrollado. El incremento de la variedad le permite atraer más clientes y satisfacer más necesidades de los existentes. Internet le permite incrementar los ingresos al introducir nuevos productos tan pronto como estén disponibles. Con las campañas de marketing y publicidad directa tendría que esperar a que se enviara un nuevo catálogo para que los clientes estuvieran informados de los nuevos productos. El comercio electrónico también le permite ofrecer promociones y cambiar los precios con facilidad sin tener que enviar nuevos catálogos.

Grainger.com permite a los clientes colocar pedidos y verificar el estatus en cualquier momento. Esto constituye un beneficio significativo para los compradores, quienes pueden aprovechar esta capacidad para mejorar sus procesos de compra. Por ejemplo, el personal del turno de la noche puede emplear Internet para colocar y verificar los pedidos que necesita. Ya no tiene que esperar a la gente del turno de la mañana para colocarlos. Esto mejora la precisión de los pedidos y reduce el tiempo necesario para procesarlos. Un estudio realizado por Aberdeen Group indica que las compras en línea disminuyen la duración y el tiempo de surtido del pedido de un promedio de 7.3 días a un promedio de 2. La disminución en el tiempo permite atraer más pedidos a través del negocio electrónico. Otro estudio realizado por W.W. Grainger Consulting estima que los distribuidores de MRO podrían ver ganancias incrementales en las ventas de 10 a 20% al vender en línea.

Sin embargo, los márgenes de producto quizá caerán como resultado del comercio electrónico en la industria de suministros de MRO. También el comercio electrónico ha puesto presión en las compañías dedicadas a lo mismo para que reduzcan precios, debido a que los clientes pueden comparar los precios con más facilidad a través de Internet.

Impacto del comercio electrónico en los costos de W.W. Grainger

W.W. Grainger emplea el comercio electrónico para disminuir sus costos de procesamiento y, en cierto grado, los de sus instalaciones. Es notable que sus clientes también vean una significativa reducción en los costos de procesamiento del pedido como resultado de su uso.

Costos de inventario. Con el incremento en los pedidos por Internet que se entregan por medio de servicios de paquetería, W.W. Grainger es capaz de agregar más sus inventarios, lo que da como resultado la reducción de los mismos y, aun más, si las ventas en línea crecen lo suficiente permitiría a la compañía cerrar algunas de sus sucursales. Sin embargo, los beneficios

quizá serán pequeños, puesto que la red existente de la cadena de suministro está bien adaptada para las ventas en línea. Los clientes también ahorran en costos de inventario como resultado del comercio electrónico, ya que los tiempos de entrega del reabastecimiento en Internet son más bajos que con los métodos tradicionales.

Costos de instalaciones. Los costos de instalaciones de W.W. Grainger se reducirán en algún grado si se envían más ventas por Internet empleando transportistas de paquetería y si se cierran algunas sucursales. Los clientes que hacen pedidos por Internet realizan todas las actividades de colocación. Esto permite disminuir el número de representantes de servicio al cliente en todos sus centros de atención telefónica (call centers).

Los clientes también ahorran en los costos de procesamiento de sus pedidos como resultado del comercio electrónico, puesto que es una manera conveniente en que la corporación coloca catálogos de amplio contenido en las manos de los usuarios finales de MRO. Como resultado, las compañías ya no requieren de personal para procesar los pedidos. Asimismo, para muchas empresas, el comercio electrónico representa una oportunidad rápida y conveniente de deshacerse de los ineficientes métodos manuales de abastecimiento. El grupo Aberdeen estima que la compra en línea de suministros de MRO ahorra cerca de 30 dólares por pedido en costos administrativos.

Costos de transporte. Lo más probable es que los costos de transporte en la cadena de suministro de W.W. Grainger no cambien significativamente como resultado del comercio electrónico. Aquéllos se incrementarán si más pedidos por Internet se envían mediante el uso de transportistas de paquetería, en lugar de que sean surtidos en las sucursales. Sin embargo, es probable que el costo total permanezca sin cambio, en tanto este método de ordenar no tenga un gran impacto en cómo un cliente quiere que se le entreguen los pedidos.

Costos de información. Los costos de información se incrementan para financiar la creación del escaparate de Grainger.com, pero más allá de eso, el costo adicional es menor.

Impacto del comercio electrónico en el desempeño de W.W. Grainger. Los distribuidores de MRO como W.W. Grainger quizá encuentren en el comercio electrónico una propuesta atractiva, como se resume en la tabla 4-13. La mayoría de las ganancias provienen de la disminución en la toma de pedidos y en los costos de procesamiento. Algunas ganancias se

TABLA 4-13 Impacto del comercio electrónico en el desempeño de W.W. Grainger

Área	*Impacto*
Tiempo de respuesta	0
Variedad de producto	+2
Disponibilidad de producto	0
Experiencia del cliente	+1
Tiempo para llegar al mercado	+1
Visibilidad del pedido	+1
Ventas directas	0
Precios flexibles, portafolio de productos y promociones	+1
Transferencia eficiente de los fondos	0
Inventario	0
Instalaciones	+1
Transporte	0
Información	−1

Clave: +2 = muy positivo; +1 = positivo; 0 = neutral; −1 = negativo; −2 = muy negativo.

logran por la habilidad de mostrar una variedad muy amplia de productos y una mayor conveniencia del cliente en la búsqueda del producto. No obstante, la estructura de la cadena de suministro de MRO no es significativamente diferente de los pedidos en línea, en comparación con los pedidos telefónicos. Por tanto, las ganancias de una estructura mejorada de la cadena son mínimas.

4.5 REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LA PRÁCTICA

1. ***La estructura de propiedad de la red de distribución puede tener un impacto tan grande como el tipo de la red de distribución*.** La mayor parte de este capítulo se ocupa de los diferentes tipos de redes físicas y subsecuentes flujos para distribuir los productos de manera exitosa. Sin embargo, igualmente importante es quién posee cada etapa de la red de distribución. Las redes de distribución que poseen el mismo flujo físico pero que tienen diferentes estructuras de propiedad pueden mostrar desempeños enormemente diferentes. Por ejemplo, el fabricante que tiene su red de distribución puede controlar las acciones de ésta. Sin embargo, si ese no es el caso, que es lo más común, es necesario que se tomen en consideración varios asuntos para optimizarlos a través de la red. Obviamente, en general, un distribuidor independiente quiere optimizar su empresa, no toda la cadena. Tratar de optimizar una red de distribución con múltiples empresas requiere de una gran habilidad para coordinar los incentivos de cada uno de los jugadores y crear las relaciones adecuadas. Hay que asegurarse de considerar el impacto tanto de los flujos físicos como de la estructura de la propiedad, al diseñar una red de distribución.

2. ***La elección de una red de distribución tiene consecuencias de largo plazo*.** La estructura de una red de distribución es una de las decisiones más difíciles de cambiar. El impacto con frecuencia dura décadas, lo que amplifica su importancia. Por ejemplo, en Estados Unidos los fabricantes de automóviles venden casi todos sus vehículos a través de una red independiente de distribuidores que se creó hace décadas. Debido a que son una interfase entre el consumidor y la cadena de suministro automotriz, los fabricantes están muy interesados en influirlos para asegurar que aquélla sea una relación positiva. Sin embargo, como son independientes, tienen objetivos que no necesariamente concuerdan con los de los fabricantes. Para complicarlo más, está el hecho de que los distribuidores tienen relaciones con más de un fabricante y que han alentado de manera exitosa la legislación para que les sea difícil a los fabricantes utilizar cualquier otro canal. Aunque los fabricantes han tratado de implementar canales alternativos durante varios años, los distribuidores mantienen a los fabricantes cautivos, quedándose como el único canal a través del cual se venden los autos.

Otro ejemplo de consecuencias de largo plazo se ve dentro de la industria de las computadoras personales. En sus inicios, los fabricantes vendían a través de distribuidores independientes y minoristas. El surgimiento de Dell fue un claro ejemplo de cómo el modelo directo era superior al modelo tradicional. Otros fabricantes, como HP, hicieron incursiones para vender sus computadoras de manera directa. Sin embargo, sus canales de distribución reaccionaron en forma negativa a esto, como podría esperarse, ya que canibalizaría su negocio. Debido a que los fabricantes estaban vacilantes en promover sus esfuerzos directos de manera agresiva —por el temor de represalias por parte de sus distribuidores, como la promoción de productos de la competencia—, terminaron con un mínimo negocio de venta directa. Los fabricantes estaban constreñidos por su red de distribución. La única manera de hacerlo era empezar de cero, un movimiento que era demasiado costoso dado que sus distribuidores eran propietarios de la relación con sus clientes. Estos ejemplos ilustran las implicaciones de largo plazo de escoger la red de distribución adecuada.

3. *Considerar si es ventajosa una estrategia de distribución exclusiva*. Otra decisión importante es si distribuir exclusivamente o no. Por ejemplo, un fabricante de productos electrónicos de consumo como Sony podría escoger tener una relación con muchos distribuidores como Best Buy, Circuit City y Wal-Mart. En este caso estaría interesado en incrementar la disponibilidad de sus productos para sus clientes y, de hecho, no le importaría si los distribuidores tuvieran que competir entre sí para vender sus productos. Una alternativa, que es más plausible para el fabricante de equipo de sonido de alto precio, es crear una relación exclusiva con el distribuidor. En este caso, los clientes pueden comprar los productos de esta marca sólo con un vendedor al detalle. El minorista puede cosechar altos márgenes, puesto que no tiene que luchar por el precio con una tienda cercana. ¿Pero qué obtiene el fabricante? Éste suele incrementar sus ventas significativamente, ya que el distribuidor exclusivo estará más interesado en mercadear los bienes del fabricante, puesto que hay un margen más alto y menos competencia.

4. *El precio del producto, la transformación del producto en un artículo indiferenciado y el carácter crítico afectan el tipo de sistema de distribución preferido por los clientes*. Las interacciones entre el comprador y el vendedor toman tiempo y recursos. A muchos compradores les gustaría establecer una relación con una sola compañía que pudiera entregar una línea completa de productos, lo cual se puede hacer con un fabricante que tiene una amplia línea de bienes. Sin embargo, lo mismo se logra con más efectividad con un distribuidor que tiene productos de muchos fabricantes. El deseo del cliente de contar con una tienda en la que pueda realizar todas sus compras depende no sólo de la conveniencia de la relación, sino también del tipo de producto que esté comprando. Mientras más diferenciado sea el artículo, más probable es que el cliente esté dispuesto a tener una única relación alrededor de él.

Por ejemplo, tal vez el cliente esté contento con comprar una computadora personal directamente a un fabricante. Sin embargo, pocos estarán dispuestos a comprar plumas directamente a un fabricante de plumas, papel a un fabricante de papel y grapas directamente de un fabricante de grapas. La mayoría de los clientes prefieren una sola tienda que tenga una amplia variedad de diferentes productos. Incluso si un fabricante de plumas pudiera entregarlas de manera económica e individual a los domicilios de los clientes, serían muchos los problemas con los que el cliente tendría que lidiar y muchas entidades diferentes para cada tipo de producto de oficina.

5. *Integrar Internet con la red física existente*. Para sacarle el máximo beneficio al comercio electrónico, las compañías deben integrarlo a sus redes de cadenas de suministro existentes. El mantenerlos separados con frecuencia resulta en ineficiencias dentro de la cadena. Este acoplamiento ha recibido el nombre de clicks-and-mortar.*

El uso de los activos físicos de Albertsons para satisfacer tanto los pedidos en línea como a la gente que está dispuesta a comprar en un supermercado es un ejemplo de integración efectiva de su comercio electrónico dentro de una red de cadena de suministro. Otro ejemplo de esta estrategia es la de The Gap, que permite a los clientes colocar pedidos en línea a través de computadoras colocadas en las tiendas y también devolver los artículos comprados en línea en las tiendas minoristas. Internet se emplea para expandir la variedad disponible para los clientes de Gap. También almacena artículos populares, mientras que los compradores ordenan en línea los colores o tamaños que pueden no estar disponibles en la tienda. Esto le permite centralizar los artículos de demanda baja mientras que incrementa la variedad disponible para los clientes y obtener el máximo beneficio de integrar su negocio electrónico con su red física.

N. de R.T.: Se trata de un juego de palabras para indicar un sistema que integra viejos esquemas con esquemas nuevos: bricks-and-mortar (ladrillos y cementos), en el que se cambia *bricks* por *clicks* para relacionarlo con Internet.

4.6 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Identificar los factores clave a considerar al diseñar una red de distribución.

   Al diseñar la red de distribución el gerente debe considerar las necesidades a satisfacer del cliente y el costo de cumplirlas. Algunas necesidades clave son el tiempo de respuesta, la variedad/disponibilidad del producto, la conveniencia, la visibilidad del pedido y la retornabilidad. Otros costos importantes que deben considerarse son los de inventarios, transporte, instalaciones, manejo e información. Al incrementar el número de instalaciones, disminuye el tiempo de respuesta y los costos de transporte pero se incrementan los del inventario y los de las instalaciones.
2. Discutir las fortalezas y debilidades de varias opciones de distribución.

   Las redes de distribución que hacen envíos directos al cliente son más apropiadas para una gran variedad de productos de alto valor que tienen demanda baja e incierta. Estas redes implican bajos niveles de inventario pero incurren en altos costos de transporte y tienen un tiempo de respuesta largo. Las redes de distribución que mantienen inventario local son adecuadas para productos con alta demanda, especialmente si el transporte representa una parte importante del costo total. Este tipo de redes incurre en altos costos de inventario, bajos costos de transporte y su tiempo de respuesta es corto.
3. Entender cómo el comercio electrónico ha afectado el diseño de las redes de distribución en las diferentes industrias.

   El incremento del comercio electrónico ha afectado tanto el servicio al cliente como los costos en la cadena de suministro. El comercio electrónico permite a la compañía ofrecer una gran variedad de productos y mejorar la disponibilidad del producto al centralizar los inventarios. Esto es especialmente benéfico para productos de volumen bajo y variedad alta. Un negocio electrónico mejora la experiencia del cliente al proporcionar 24 horas de acceso y permitiendo una experiencia más personalizada. Vender un producto en línea, sin embargo, incrementa el tiempo de respuesta en relación con una tienda minorista. El comercio electrónico reduce los costos de las instalaciones si no hay una pérdida significativa de la participación del cliente. Sin embargo, los costos de transporte se incrementan y esto es particularmente significativo para productos de valor bajo con demanda predecible. El comercio electrónico ha sido más efectivo para productos de valor alto con demanda incierta, cuando los clientes están dispuestos a esperar cierto tiempo para la entrega.

Preguntas de discusión

1. ¿Qué diferencias en el ámbito minorista pueden justificar el hecho de que la cadena de suministro de bienes de consumo de alta rotación en la India tenga más distribuidores que en Estados Unidos?
2. Una compañía química especializada está considerando expandir sus operaciones en Brasil, donde cinco compañías dominan el consumo de químicos especializados. ¿Qué clase de red de distribución debe utilizar?
3. Un distribuidor se ha enterado de que uno de los mayores fabricantes a quien le compra está considerando vender directamente al consumidor. ¿Qué puede hacer el distribuidor respecto a esto? ¿Qué ventajas puede ofrecer al fabricante que éste probablemente no pueda reproducir?
4. ¿Qué tipos de redes de distribución son más apropiadas para las materias primas?
5. ¿Qué tipo de redes son más apropiadas para productos diferenciados?
6. En el futuro, ¿considera que el valor agregado de los distribuidores disminuirá, se incrementará o no tendrá movimiento?
7. ¿Por qué el comercio electrónico ha tenido más éxito en la industria de las computadoras personales que en la de los comestibles? En el futuro, ¿qué valor tendrá probablemente el comercio electrónico en la industria de las computadoras personales?
8. ¿En qué parte del ciclo de vida del producto probablemente sea más benéfico el comercio electrónico? ¿En la parte inicial o en la parte madura? ¿Por qué?
9. Considere la venta de productos para el mejoramiento del hogar en Home Depot o una cadena de ferretería como Tru-Value. ¿Quién puede obtener un mayor beneficio de establecerse en línea? ¿Por qué?
10. Amazon.com vende en línea libros, música, electrónica, software, juguetes y productos para el mejoramiento de la casa. ¿En qué categoría de productos ofrece el comercio electrónico la mayor ventaja en comparación con una cadena de tiendas minoristas? ¿En qué categoría de productos ofrece la menor

ventaja (o un costo potencial desventajoso) en comparación con una cadena de tiendas minoristas? ¿Por qué?

11. ¿Por qué debe un negocio electrónico como Amazon.com construir más almacenes conforme se incrementa el volumen de ventas?

Bibliografía

Business Trade & Technology Strategies, The Forrester Report, agosto de 1998.

Chopra, Sunil, "Designing the Delivery Network for a Supply Chain", *Transportation Research, Part E* (2003): 39: 123-40.

Chopra, Sunil y Jan Van Mieghem,"Which e-Business Is Right for Your Supply Chain?", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2000, pp. 32-40.

Evans, Philip y Thomas S.Wurster, "Getting Real About Virtual Commerce", *Harvard Business Review,* noviembre-diciembre de 1999, pp. 84-94.

Hanson, Ward, *Principles of Internet Marketing,* Cincinnati, OH, South-West College Publishing, 2000.

Lee, Hau L. y Seungjin Whang, " Winning the Last Mile of e-Commerce", *Sloan Management Review,* verano de 2001, pp. 54-62.

Mastering Commerce Logistics, The Forrester Report, agosto de 1999.

Poirier, Charles C., "The Convergence of Business & Technology", *Supply Chain Management Review,* otoño de 1999, pp. 52-58.

Raman, Ananth y Bharat P. Rao, *A Tale of Two Electronic Component Suppliers,* Harvard Business School, Case 9-697-064, 1997.

Retail's Growth Spiral, The Forrester Report, noviembre de 1998.

Ricker, Fred R. y Ravi Kalakota, "Order Fulfillment: The Hidden Key to e-Commerce Success", *Supply Chain Management Review,* otoño de 1999, pp. 60-70.

Salcedo, Simon y Ann Grackin, "The e-Value Chain", *Supply Chain Management Review,* invierno de 2000, pp. 63-70.

Willcocks, Leslie P. y Robert Plant, "Pathways to e-Business Leadership: Getting from Bricks to Clicks", *Sloan Management Review,* primavera de 2001, pp. 50-9.

Shapiro, Carl y Hal R.Varian, *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy,* Boston, Harvard Business School Press, 1999.

"The e-Enabled Supply Chain", Global Supplement, *Supply Chain Management Review,* otoño de 1999.

Turban, Efraim, Jae Lee, David King y H. Michael Chung, *Electronic Commerce: A Managerial Perspective,* Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2000.

CAPÍTULO 5
DISEÑO DE REDES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender el papel del diseño de la red en una cadena de suministro.
2. Identificar los factores que influyen en las decisiones de diseño de la red de la cadena de suministro.
3. Desarrollar un marco para tomar decisiones sobre el diseño de la red.
4. Emplear la optimización en las decisiones de ubicación de instalaciones y asignación de la capacidad.

En este capítulo comenzamos con el diseño general de una cadena de suministro que se analizó en el capítulo 4 y proporcionamos un entendimiento del papel del diseño de la red dentro de una cadena. Después de asignar la función de cada instalación como se analiza en el capítulo anterior y al inicio del presente, nos enfocamos en las cuestiones fundamentales de ubicación de las instalaciones y la asignación de la capacidad y el mercado dentro de la red de la cadena de suministro. Identificamos y analizamos los distintos factores que influyen en las decisiones de la ubicación de las instalaciones y la asignación de la capacidad y el mercado. Luego establecemos un marco general y explicamos las diversas metodologías de solución para las decisiones de diseño de una red en una cadena de suministro.

5.1 EL PAPEL DEL DISEÑO DE UNA RED EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Entre las decisiones relativas al diseño de la red de una cadena de suministro están la asignación del papel de las instalaciones, la ubicación de las instalaciones de fabricación, almacenaje o relacionadas con la transportación y la asignación de la capacidad y mercados a cada instalación. Las decisiones de diseño se clasifican de la siguiente manera:

1. ***Papel de las instalaciones:*** ¿Qué función debe desempeñar cada una? ¿Qué procesos se realizan en cada instalación?
2. ***Ubicación de las instalaciones:*** ¿Dónde deben estar ubicadas?
3. ***Asignación de la capacidad:*** ¿Cuánta capacidad debe asignarse a cada instalación?
4. ***Asignación del mercado y la oferta:*** ¿Qué mercados debe atender cada instalación? ¿Qué fuentes de suministro deben alimentar a cada una?

Las decisiones del diseño de la red tienen un impacto significativo en el desempeño, ya que determinan la configuración de la cadena de suministro y establecen las restricciones dentro de las cuales las otras directrices de la cadena se emplean para disminuir el costo de la cadena o incrementar la capacidad de respuesta. Todas las decisiones de diseño de la red se afectan mutuamente y deben tomarse teniendo en consideración este hecho. Las decisiones concernientes al papel de cada instalación son significativas porque determinan la cantidad de flexibilidad que la cadena tiene para cambiar la manera en que satisface la demanda. Por ejemplo, Toyota tiene

plantas ubicadas en todo el mundo en cada uno de los mercados que atiende. Antes de 1997, cada planta era capaz de atender sólo su mercado local. Esto perjudicó a Toyota cuando la economía asiática entró en recesión a finales de la década de los noventa. Las plantas locales en Asia tenían capacidad ociosa que no podía utilizarse para atender otros mercados que tenían exceso de demanda. Ahora ha agregado flexibilidad a cada planta para que sean capaces de atender a otros mercados aparte del local, lo que la ha ayudado a hacer frente con mayor eficacia a las condiciones cambiantes del mercado global.

Las decisiones de ubicación de las instalaciones tienen impacto a largo plazo en el desempeño de la cadena de suministro, pues es muy costoso cerrarlas o trasladarlas a otro lugar. Una buena decisión ayuda a aumentar la capacidad de respuesta, al tiempo que mantiene los costos en niveles bajos. Toyota, por ejemplo, construyó su primera planta de ensamblaje estadounidense en Lexington, Kentucky, en 1988, y desde entonces ha estado operando. Esta planta resultó ser muy rentable cuando el yen se fortaleció y los automóviles producidos en Japón eran muy costosos para competir con los producidos en Estados Unidos. Esta planta permitió a Toyota tener capacidad de respuesta en el mercado estadounidense y mantener los costos bajos.

En contraste, una planta mal ubicada impide a la cadena de suministro desempeñarse cerca de la frontera eficiente. Por ejemplo, a Amazon.com le resultó muy difícil suministrar libros rentablemente en todo Estados Unidos cuando tenía un solo almacén en Seattle. Como consecuencia, la compañía abrió más almacenes en otras partes del país.

Las decisiones sobre la asignación de capacidad también tienen un impacto significativo en el desempeño. Aunque la asignación de capacidad puede modificarse con mayor facilidad que la ubicación, las decisiones sobre la capacidad tienden a mantenerse vigentes varios años. Asignar mucha capacidad a una ubicación da como resultado una utilización deficiente y, en consecuencia, costos elevados. Asignar muy poca capacidad propicia una capacidad de respuesta pobre, si la demanda no se satisface, o altos costos, si la demanda se cubre desde una instalación distante.

La asignación de las fuentes de suministro y mercados a las instalaciones tiene un impacto significativo en el desempeño, ya que afecta los costos totales de producción, inventario y transporte en que incurre la cadena para satisfacer la demanda del cliente. Esta decisión debe ser reconsiderada con regularidad para poder modificar la asignación según vayan cambiando las capacidades de la planta o las condiciones del mercado. Por supuesto, la asignación de mercados y fuentes de suministro sólo se puede cambiar si las instalaciones son lo bastante flexibles para atender diferentes mercados y recibir los suministros de diferentes fuentes. Como mencionamos con anterioridad, Amazon.com ha construido nuevos almacenes y ha cambiado los mercados atendidos por cada uno de ellos conforme ha crecido su base de clientes. Como resultado, los costos han disminuido y la capacidad de respuesta ha mejorado.

Las decisiones sobre el diseño de la red deben ser revisadas conforme la compañía crece o cuando dos compañías se fusionan. Debido a las redundancias y diferencias en los mercados atendidos por separado por cualquiera de las dos compañías, la consolidación de algunas instalaciones y el cambio en la ubicación y el papel de otras con frecuencia pueden ayudar a reducir el costo y mejorar la capacidad de respuesta.

Nos enfocamos en desarrollar tanto un marco como una metodología que pueda ser empleada para diseñar una red en una cadena de suministro. En la siguiente sección identificaremos varios factores que influyen en las decisiones sobre el diseño de la red.

5.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS DECISIONES SOBRE EL DISEÑO DE LA RED

En esta sección examinamos una amplia variedad de factores que influyen en las decisiones relativas al diseño de la red en la cadena de suministro.

FACTORES ESTRATÉGICOS

La estrategia competitiva tiene un impacto significativo en las decisiones acerca del diseño de la red dentro de la cadena de suministro. Las compañías que se enfocan en el liderazgo de costos tienden a encontrar la ubicación de menor costo para sus instalaciones de fabricación, incluso si eso significa ubicarse muy lejos de los mercados que atienden. Por ejemplo, a principios de la década de los ochenta, muchos fabricantes de ropa mudaron toda su manufactura de Estados Unidos a países en los que la mano de obra era más barata, con la esperanza de disminuir sus costos. Con la caída de las cuotas de ropa en 2005, la mayoría de la manufactura se está moviendo ahora a países que ofrecen mano de obra a bajo costo, como China.

Las compañías que se enfocan en la capacidad de respuesta tienden a ubicar sus instalaciones cerca del mercado, por lo que pueden seleccionar una ubicación de costo alto si les permite reaccionar con rapidez a las necesidades cambiantes del mercado. Zara, el fabricante de ropa español, tiene una gran parte de su capacidad de producción en Portugal y España a pesar de su alto costo. Esto le permite responder con rapidez a las tendencias cambiantes de la moda en Europa. Su capacidad de respuesta a los cambios en dichas tendencias ha permitido a Zara convertirse en uno de los minoristas de ropa de más rápido crecimiento en el mundo.

El objetivo de las cadenas de tiendas de conveniencia es proporcionar fácil acceso a los clientes como parte de su estrategia competitiva. Estas cadenas incluyen muchas tiendas, relativamente pequeñas, que abarcan una sola área. En contraste, las tiendas de descuento como Sam's Club emplean una estrategia competitiva que se centra en ofrecer precios bajos. De esta manera, sus redes tienen grandes tiendas y los clientes tienen que viajar con frecuencia varios kilómetros para llegar a una. El área geográfica que cubre una tienda de Sam's Club puede incluir docenas de tiendas de conveniencia.

Las redes de cadenas de suministro globales ahora pueden apoyar mejor sus objetivos estratégicos con instalaciones en distintos países que desempeñan diferentes funciones. Por ejemplo, Nike tiene instalaciones de producción en muchos países asiáticos. Sus instalaciones en China e Indonesia se enfocan en el costo y producen zapatos de bajo precio para el mercado masivo. En contraste, las instalaciones en Corea y Taiwán se centran en la capacidad de respuesta y producen nuevos diseños de alto precio. Esta diferenciación le permite satisfacer una amplia variedad de demandas de la manera más rentable.

Es importante para una compañía identificar la misión o el papel estratégico de cada instalación al diseñar su red global. Kasra Ferdows (1997) propone la siguiente clasificación de los posibles papeles estratégicos de varias instalaciones en una red de cadena de suministro global.

1. ***Instalación en el exterior (offshore): instalación de bajo costo para producción de exportación.*** Una instalación en el exterior desempeña el papel de ser una fuente de suministro de bajo costo para mercados ubicados fuera del país donde se encuentra ubicada. La ubicación seleccionada para las instalaciones en el exterior debe ofrecer costos bajos tanto en mano de obra como de otro tipo para facilitar la producción de bajo costo. Dado que muchos países asiáticos en vías de desarrollo no cobran aranceles de importación si se exporta toda la producción de la fábrica, son los sitios preferidos para la ubicación de estas instalaciones.

2. ***Instalación de origen: instalación de bajo costo para producción global.*** La instalación de abasto también tiene como objetivo principal un costo bajo, pero su papel estratégico es más amplio que el de una instalación en el exterior. La instalación de origen es, con frecuencia, la fuente principal del producto para toda la red global. Estas instalaciones tienden a estar ubicadas en lugares donde los costos de producción son relativamente bajos, la infraestructura esté bien desarrollada y se puede conseguir mano de obra calificada. Las buenas instalaciones en el exterior tienden a convertirse, con el tiempo, en instalaciones de origen. Muchos fabricantes chinos e indios están tratando de transformarse en instalaciones de origen desde la caída de las cuotas de ropa en 2005.

3. ***Instalación servidora: instalación de producción regional.*** El objetivo de una instalación servidora es abastecer el mercado donde está situada. Se construye debido a los incentivos

fiscales, la necesidad de contenido local, las barreras arancelarias o los altos costos logísticos de abastecer a la región desde otro lugar. A finales de la década de los setenta, Suzuki se asoció con el gobierno indio para establecer Maruti Udyog. Inicialmente, Maruti se constituyó como una instalación servidora para producir autos en exclusiva para el mercado de la India, lo que permitió a Suzuki superar los elevados aranceles que pagan los autos importados.

4. ***Instalación contribuidora: instalación de producción regional con habilidades de desarrollo***. Una instalación contribuidora atiende el mercado donde está ubicada, pero también asume la responsabilidad por la personalización del producto, las mejoras del proceso, las modificaciones al producto o el desarrollo del mismo. Las instalaciones servidoras bien administradas se convierten en instalaciones contribuidoras con el tiempo. La instalación Maruti de la India desarrolla hoy en día muchos nuevos productos, tanto para el mercado indio como para los de otros países, y se ha convertido en una instalación contribuidora en la red de Suzuki.

5. ***Instalación de avanzada: instalación de producción regional que se construye para obtener habilidades locales***. Una instalación de avanzada se ubica sobre todo para obtener acceso al conocimiento o habilidades que puedan existir dentro de cierta región. Dada su ubicación, también desempeña el papel de instalación servidora. El principal objetivo sigue siendo constituir la fuente de conocimiento y habilidades para toda la red. Muchas compañías globales han establecido instalaciones de producción de este tipo en Japón a pesar de los altos costos de operación.

6. ***Instalación líder: instalación que está a la cabeza en las tecnologías de desarrollo y proceso***. Una instalación líder crea nuevos productos, procesos y tecnologías para toda la red. En general, se ubican en áreas con buen acceso a mano de obra calificada y a los recursos tecnológicos.

FACTORES TECNOLÓGICOS

Las características de las tecnologías de producción disponibles tienen un impacto significativo en las decisiones sobre el diseño de la red. Si la tecnología de producción muestra economías de escala significativas, lo más eficaz es contar con pocas instalaciones de alta capacidad. Esto es lo que ocurre con la manufactura de los chips de computadora, para los cuales las fábricas requieren de una gran inversión. Como resultado, la mayoría de las compañías fabricantes de semiconductores construyen pocas instalaciones de alta capacidad.

En comparación, si las instalaciones tienen costos fijos bajos, se prefiere tener muchas instalaciones locales, ya que esto ayuda a disminuir los costos de transportación. Por ejemplo, las plantas embotelladoras de Coca-Cola no tienen un costo fijo elevado, ya que para reducir los costos de transporte, Coca-Cola establece muchas plantas embotelladoras en todo el mundo y cada una atiende su mercado local.

La flexibilidad de la tecnología de producción afecta el grado de consolidación que se puede lograr en la red. Si la tecnología de producción es muy inflexible y los requerimientos del producto varían de un país a otro, la compañía tiene que establecer instalaciones locales para atender el mercado de cada país. Por el contrario, si la tecnología es flexible, se vuelve más fácil consolidar la manufactura en pocas instalaciones grandes.

FACTORES MACROECONÓMICOS

Los *factores macroeconómicos* incluyen impuestos, aranceles, tipos de cambio de divisas y otros factores económicos que no dependen del control interno de cada compañía. Como el comercio global se ha incrementado, los factores económicos han tenido una influencia significativa en el éxito o fracaso de las redes de la cadena de suministro. Por ello, es imperativo que la compañía tenga en consideración estos factores cuando tome las decisiones sobre el diseño de la red.

Aranceles e incentivos fiscales

Los *aranceles* son derechos que deben pagarse cuando los productos o equipo pasan a través de fronteras internacionales, estatales o municipales. Tienen una fuerte influencia en las decisiones sobre la ubicación de las instalaciones dentro de la cadena de suministro. Si un país tiene aranceles

muy altos, las compañías tienen dos opciones: no atender el mercado local o establecer plantas de manufactura dentro del país para ahorrar en derechos. Los aranceles elevados provocan que haya más ubicaciones de producción dentro de la red de la cadena, cada una de ellas con menor capacidad asignada. En virtud de que se han ido eliminando los aranceles gracias a la Organización Mundial de Comercio (WTO, por sus siglas en inglés), los acuerdos regionales como el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA, por sus siglas en inglés), la Unión Europea (EU, por sus siglas en inglés) y el Mercado Común del Sur (MERCOSUR) en América del Sur, las compañías ahora pueden abastecer el mercado de un país desde una planta ubicada fuera de él sin incurrir en derechos muy altos. Como resultado, han empezado a consolidar su producción global y las instalaciones de distribución. Para las compañías globales, la disminución en los aranceles ha producido una reducción en el número de sus instalaciones de fabricación y un incremento en la capacidad de cada una.

Los *incentivos fiscales* son una reducción de los aranceles o impuestos que los países, estados y municipios ofrecen con frecuencia para alentar a las compañías a ubicar sus instalaciones en áreas específicas. En muchos países, los incentivos varían de ciudad a ciudad para estimular las inversiones en áreas de desarrollo económico bajo. Con frecuencia, tales incentivos son un factor clave en la decisión final sobre la ubicación de muchas plantas. General Motors construyó la fábrica de Saturn en Tennessee, principalmente por los incentivos fiscales que ofreció el estado. De igual manera y por la misma razón, BMW construyó su fábrica estadounidense en Spartanburg, Carolina del Sur.

Los países en desarrollo con frecuencia crean *zonas de libre comercio* en las cuales los derechos y aranceles se relajan siempre que la producción se emplee de manera esencial para exportar. Esto crea un fuerte incentivo para que las compañías globales construyan plantas en esos países que les permiten explotar sus bajos costos de mano de obra. En China, por ejemplo, el establecimiento de una zona de libre comercio cerca de GuangZhou hizo que muchas compañías globales ubicaran sus instalaciones ahí en la década de los noventa.

Un gran número de países en desarrollo también proporcionan incentivos fiscales adicionales con base en la capacitación, comidas, transportación y otras prestaciones que se ofrecen a la fuerza laboral. Los aranceles también pueden basarse en el nivel de tecnología del producto. China, por ejemplo, condona por completo el pago de aranceles en productos de alta tecnología, en un esfuerzo por alentar a las compañías a que se establezcan ahí y lleven tecnología de vanguardia. Motorola construyó una gran planta de manufactura de chips en China para aprovechar los aranceles reducidos y otros incentivos que se ofrecen a los productos de alta tecnología.

Asimismo, muchos países ponen requerimientos mínimos de contenido local y límites sobre las importaciones. Tales políticas llevaron a las compañías a establecer muchas instalaciones y aprovisionarse de proveedores locales. Por ejemplo, hasta 2004, en Estados Unidos se limitaba la importación de ropa de varios países. Como resultado, las compañías consiguieron proveedores de muchos países para evitar alcanzar el límite de un solo país. El fin de las cuotas en 2005 ha llevado a la consolidación de la fabricación de ropa en China, India y algunos otros países.

Tipo de cambio y riesgo de la demanda

Las fluctuaciones de los tipos de cambio son comunes y tienen un impacto significativo en las utilidades de cualquier cadena de suministro que atienda a los mercados globales. Por ejemplo, el dólar fluctuó entre 102 y 132 yenes en tres años, de 2002 a 2004. Una compañía que vende sus productos en Estados Unidos y que los produce en Japón está expuesta al riesgo de la apreciación del yen. El costo de producción se incurre en yenes, mientras que los ingresos se obtienen en dólares. De esta manera, un incremento en el valor del yen aumenta los costos de producción en dólares, lo que disminuye las utilidades. En la década de los ochenta, muchos fabricantes japoneses enfrentaron este problema cuando se apreció el yen debido a que la mayor parte de la capacidad de producción se encontraba en Japón. La apreciación del yen disminuyó sus ingresos (en términos de yenes) provenientes de grandes mercados externos y vieron disminuir sus utilidades. La mayoría de los fabricantes japoneses han respondido a esto construyendo instalaciones de producción en todo el mundo.

El riesgo de los tipos de cambio se maneja con el uso de instrumentos financieros que limitan, o cubren, contra las pérdidas debidas a la fluctuación. Sin embargo, las redes diseñadas de for-

ma correcta ofrecen la oportunidad de aprovechar las fluctuaciones de los tipos de cambio para incrementar las utilidades. Una manera efectiva de hacer esto es construyendo algo de sobrecapacidad en la red y hacerla flexible de manera que pueda usarse para abastecer diferentes mercados. Esta flexibilidad permite a la compañía reaccionar a las fluctuaciones del tipo de cambio mediante la alteración de los flujos de producción dentro de la cadena para maximizar las utilidades.

Las compañías también deben tomar en consideración las fluctuaciones de la demanda causadas por los cambios en las economías de los diferentes países. Por ejemplo, las compañías con poca flexibilidad en su producción experimentaron una capacidad no utilizada en sus plantas de Asia, cuando las economías de estos países se desaceleraron entre 1996 y 1998. Por el contrario, las compañías con mayor flexibilidad en sus instalaciones de manufactura usaron la capacidad extra de sus plantas asiáticas para satisfacer las necesidades de otros países donde la demanda era alta. Como se mencionó previamente en este capítulo, en 1997 Toyota tenía plantas de ensamblaje en Asia que producían solamente para el mercado local. La crisis financiera asiática motivó a Toyota a dar mayor flexibilidad a las plantas para que pudieran abastecer la demanda de otros países.

Al diseñar las redes de las cadenas de suministro, las compañías deben incorporar la flexibilidad apropiada para ayudarlas a contrarrestar las fluctuaciones en los tipos de cambio y demanda en los diferentes países.

FACTORES POLÍTICOS

La estabilidad política del país en consideración desempeña un papel significativo en la elección de la ubicación. Las compañías prefieren ubicar las instalaciones en países políticamente estables donde las reglas del comercio y la propiedad están bien definidas. Los países con sistemas jurídicos independientes y claros permiten a las compañías sentir que pueden recurrir a los tribunales si lo necesitan, lo que les facilita invertir en instalaciones ahí. Como con cualquier otro factor difícil de cuantificar, la compañía hace una evaluación subjetiva del mismo al diseñar la red de la cadena.

FACTORES DE INFRAESTRUCTURA

La disponibilidad de una buena infraestructura es un prerrequisito importantísimo para ubicar una instalación en un área específica. Una infraestructura deficiente se agrega al costo de hacer negocios desde una ubicación dada. Las compañías globales han ubicado sus fábricas en China, cerca de Shanghai, Tianjin o GuangZhou, aun cuando estas ubicaciones no tienen los costos de mano de obra y terreno más baratos, ya que ahí existe una buena infraestructura. Los elementos fundamentales de infraestructura que se deben considerar durante el diseño de una red incluyen la disponibilidad de los sitios y mano de obra, la proximidad a las terminales de transporte, servicio ferroviario, proximidad a los aeropuertos y puertos marítimos, acceso a las autopistas, congestionamiento y servicios públicos.

FACTORES COMPETITIVOS

Las compañías deben considerar la estrategia, tamaño y ubicación de los competidores al diseñar la red de su cadena de suministro. Una decisión fundamental que deben tomar es si ubicar sus instalaciones cerca de los competidores o lejos de ellos. La forma de la competencia y los factores como la disponibilidad de materias primas y mano de obra influyen en la decisión.

Externalidades positivas entre las compañías

Las *externalidades positivas* son casos donde la colocación de múltiples compañías beneficia a todas ellas. Llevan a los competidores a ubicarse cerca unos de otros. Por ejemplo, las gasolineras y tiendas minoristas tienden a ubicarse cerca unas de otras porque esto incrementa la demanda total y beneficia a ambas partes. Al ubicarse juntas en un centro comercial, las tiendas minoristas competidoras brindan más comodidad a sus clientes, quienes sólo necesitan ir a un solo lugar para encontrar todo lo que buscan. Esto incrementa el número total de clientes que visita el centro comercial, lo que aumenta la demanda de todas las tiendas ahí ubicadas.



FIGURA 5-1 Dos compañías ubicadas en una línea

Otro ejemplo de externalidad positiva es cuando la presencia de un competidor da lugar al desarrollo de la infraestructura apropiada en un área en desarrollo. En la India, por ejemplo, Suzuki fue el primer fabricante extranjero de autos que construyó una planta manufacturera, e hizo un considerable esfuerzo para crear una red de proveedores locales. En virtud de que Suzuki tenía ya una base de proveedores bien establecida, sus competidores empezaron también a construir plantas de ensamblaje ahí, ya que descubrieron que era más rentable fabricar autos en la India que importarlos al país.

Ubicar para dividir el mercado

Cuando no existen externalidades positivas, las compañías se ubican para poder captar la mayor parte posible del mercado. Un modelo simple propuesto por Hotelling explica los aspectos detrás de esta decisión.[1]

Cuando las compañías no controlan el precio, pero compiten en distancia del cliente, pueden maximizar la participación de mercado si se ubican cerca unas de otras y se dividen el mercado. Considere una situación en la cual los clientes están uniformemente ubicados a lo largo del segmento de línea entre 0 y 1 y dos compañías compiten con base en la distancia del cliente, como se observa en la figura 5-1. El cliente va a la compañía más cercana y los clientes que están equidistantes de las dos compañías se dividen proporcionalmente entre ellas.

Si la demanda total es 1, la compañía 1 se ubica en el punto a, y la compañía 2 se ubica en el punto $1 - b$, entonces la demanda de las dos, d_1 y d_2, estará dada por

$$d_1 = a + \frac{1 - b - a}{2} \qquad \text{y} \qquad d_2 = \frac{1 + b - a}{2}$$

Ambas compañías maximizan su participación de mercado si se acercan la una a la otra y se ubican en $a = b = 1/2$.

Observe que cuando ambas compañías se ubican a la mitad de la línea, la distancia promedio que los clientes tienen que recorrer es de 1/4. Si una de las compañías se ubica en 1/4 y la otra en 3/4, la distancia promedio que los clientes tienen que recorrer se reduce a 1/8. Sin embargo, este conjunto de ubicaciones no está en equilibrio ya que les da el incentivo a ambas para tratar de incrementar la participación de mercado moviéndose a la mitad. El resultado de la competencia es que las dos se ubiquen lo más cerca, aun cuando al hacerlo incrementen la distancia promedio del cliente.

Si las compañías compiten en precio e incurren en costos de transportación hacia el cliente, lo óptimo para las dos puede ser ubicarse los más lejos posible,[2] con la compañía 1 ubicada en el punto 0 y la compañía 2 en el punto 1. Hacerlo minimiza la competencia en precio y ayuda a ambas a dividirse el mercado y maximizar las ganancias.

TIEMPO DE RESPUESTA AL CLIENTE Y PRESENCIA LOCAL

Las compañías que se enfocan en clientes que valoran un tiempo de respuesta corto deben ubicarse cerca de ellos. Por ejemplo, es poco probable que los clientes vayan a una tienda de conveniencia si tienen que recorrer una gran distancia para llegar. De esta manera, lo mejor para una cadena de tiendas de conveniencia es tener muchas sucursales distribuidas en un área, de manera que la gente cuente con una tienda cercana a ellos. En contraste, los clientes compran grandes cantidades de bienes en los supermercados y están dispuestos a recorrer distancias más

[1] Jean Tirole, *The Theory of Industrial Organization,* Cambridge, MA, The MIT Press, 1997, p. 279.

[2] *Ibid*.

grandes para llegar a uno. De este modo, las cadenas de supermercados tienden a tener establecimientos que son más grandes que las tiendas de conveniencia y no están densamente distribuidos. En la mayoría de las ciudades hay menos supermercados que tiendas de conveniencia. Las tiendas de descuento como Sam's Club tratan de captar clientes que incluso son menos sensibles al tiempo. Estas tiendas son más grandes que los supermercados y hay pocas de ellas en un área determinada. W.W. Grainger tiene cerca de 350 instalaciones en todo Estados Unidos para proporcionar entregas el mismo día de suministros de mantenimiento y reparación a muchos de sus clientes. McMaster-Carr, un competidor, capta clientes que están dispuestos a esperar un día por su pedido. Tiene sólo seis instalaciones a lo largo de Estados Unidos y es capaz de proporcionar entregas al día siguiente a un gran número de clientes.

Si una compañía entrega su producto a los clientes, emplea medios de transporte rápidos que le permitan construir pocas instalaciones y proporcionar todavía un tiempo de respuesta corto. Sin embargo, esta opción incrementa los costos de transportación. Además, existen muchas situaciones en las cuales la presencia de una instalación cercana al cliente es importante. Por ejemplo, es probable que una cafetería atraiga clientes que viven o trabajan cerca. Ningún medio de transporte por más rápido que sea puede servir como sustituto y usarse para atraer clientes que viven lejos de la cafetería.

COSTOS DE LOGÍSTICA E INSTALACIONES

Los costos de logística e instalaciones en los que se incurre dentro de la cadena de suministro cambian conforme cambia el número de instalaciones, su ubicación y la asignación de su capacidad. Las compañías deben considerar los costos del inventario, el transporte, y las instalaciones al diseñar la red de su cadena.

Los costos de inventario e instalaciones se incrementan conforme aumenta el número de éstas en la cadena. Los costos del transporte disminuyen conforme el número de instalaciones se incrementa. Si éste aumenta hasta el punto donde se pierden las economías de escala internas, los costos del transporte se incrementan. Por ejemplo, con pocas instalaciones, Amazon.com tiene menos costos de inventario e instalaciones que Borders, que tiene cerca de 450 tiendas. Sin embargo, esta última tiene menores costos de transportación.

En el diseño de la red de la cadena de suministro también influye la transformación que ocurre en cada instalación. Cuando hay una reducción significativa en el peso o volumen del material como resultado de su procesamiento, puede ser mejor ubicar las instalaciones cerca de la fuente de aprovisionamiento en lugar de cerca del cliente. Por ejemplo, cuando el mineral ferroso se procesa para producir acero, la cantidad de producción es una fracción de la cantidad de mineral. Ubicar la fábrica cerca de la fuente de aprovisionamiento es preferible, ya que reduce la distancia que tiene que viajar la gran cantidad de mineral.

Los costos de logística totales son la suma de los costos de inventario, transportación e instalaciones. Las instalaciones de una red de suministro deben ser cuando menos iguales al número que minimice el costo total de logística. La compañía puede incrementar el número de instalaciones más allá de este punto para mejorar el tiempo de respuesta a sus clientes. La decisión se justifica si el incremento en los ingresos que produce la respuesta mejorada supera el incremento en el costo de las instalaciones adicionales.

En la siguiente sección analizaremos un modelo para tomar las decisiones relacionadas con el diseño de redes.

5.3 MARCO PARA LAS DECISIONES DE DISEÑO DE LA RED

La meta al diseñar la red de la cadena de suministro es maximizar las utilidades de la compañía al mismo tiempo que se satisfacen las necesidades del cliente en términos de la demanda y la capacidad de respuesta. Para diseñar una red eficaz, el gerente debe considerar todos los factores descritos en la sección 5.2, como también aquellos analizados en el capítulo 4. Las decisiones de

FIGURA 5-2 Modelo para las decisiones sobre diseño de redes

ESTRATEGIA COMPETITIVA

RESTRICCIONES INTERNAS
Capital, estrategia de crecimiento, red existente

FASE I
Estrategia de la cadena de suministro

COMPETENCIA GLOBAL

TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN
Costo, impacto de escala/alcance, apoyo requerido, flexibilidad

AMBIENTE COMPETITIVO

COSTOS AGREGADOS DE FACTORES Y LOGÍSTICA

FASE II
Configuración regional de instalaciones

ARANCELES E INCENTIVOS FISCALES

DEMANDA REGIONAL
Tamaño, crecimiento, homogeneidad, especificaciones locales

RIESGO POLÍTICO, DE TIPO DE CAMBIO Y DE LA DEMANDA

MÉTODOS DE PRODUCCIÓN
Habilidades necesarias, tiempo de respuesta

FASE III
Sitios deseados

INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE

COSTOS DE FACTORES
Mano de obra, materiales, específicos del sitio

FASE IV
Opciones de ubicación

COSTOS DE LOGÍSTICA
Transportación, inventario, coordinación

diseño sobre la red global se toman en cuatro pasos como se muestra en la figura 5-2. A continuación describimos cada fase a detalle.

FASE I: DEFINIR LA ESTRATEGIA Y DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El objetivo de esta primera fase del diseño de la red es definir de manera general el diseño de la cadena de suministro de la compañía. Esto incluye determinar las etapas en la cadena de suministro, y si cada función de la cadena será desarrollada de manera interna o será subcontratada (véase el capítulo 4).

Esta primera fase inicia con una clara definición de la estrategia competitiva de la compañía como el conjunto de necesidades del cliente que la cadena busca satisfacer. Por tanto, la estrategia de la cadena de suministro especifica las capacidades que debe tener la cadena para apoyar la estrategia competitiva (véase el capítulo 2). A continuación, los gerentes deben pronosticar la evolución probable de la competencia global y si los competidores de cada mercado serán participantes locales o globales. También, deben identificar las restricciones sobre el capital disponible y si se logrará el crecimiento mediante la adquisición de instalaciones existentes, la construcción de nuevas o participación en sociedades.

Los gerentes deben determinar el diseño de la cadena de suministro de la compañía con base en la estrategia competitiva de la compañía, la estrategia resultante de la cadena, su análisis de la competencia, cualquier economía de escala o alcance o cualquier restricción.

FASE II: DEFINIR LA CONFIGURACIÓN REGIONAL DE LAS INSTALACIONES

El objetivo de la segunda fase del diseño de la red es identificar las regiones donde se ubicarán las instalaciones, sus posibles funciones y su capacidad aproximada.

El análisis de la fase II comienza con un pronóstico de la demanda por país. Tal pronóstico debe incluir una medición del tamaño de la demanda así como una determinación de si los requerimientos del cliente son homogéneos o varían a través de los países. Los primeros favorecen la construcción de instalaciones grandes consolidadas, mientras que los heterogéneos favorecen las instalaciones pequeñas y focalizadas.

El siguiente paso es que los gerentes identifiquen si las economías de escala o alcance pueden desempeñar un papel significativo en la reducción de costos, dadas las tecnologías de producción disponibles. Si las economías son significativas, puede ser mejor tener pocas instalaciones que atiendan muchos mercados. Por ejemplo, los fabricantes de semiconductores como Advanced Micro Devices tienen pocas plantas para sus mercados globales, dadas las economías de escala en la producción. Si las economías de escala o alcance no son significativas, sería mejor que cada mercado tuviera su propia instalación.

A continuación, los gerentes deben identificar los riesgos de la demanda y el tipo de cambio y el riesgo político asociado con cada mercado regional. También, deben identificar los aranceles regionales, cualquier requerimiento de producción local, incentivos fiscales y cualquier restricción a la exportación o importación de cada mercado. La información sobre los impuestos y aranceles se emplea para identificar la mejor ubicación que permite obtener la mayor participación de utilidades. En general, es mejor obtener dicha participación de utilidades en el lugar que tenga la menor tasa impositiva.

Es importante, también, que se identifiquen los competidores de cada región y plantear el caso de si una instalación necesita ser ubicada cerca o lejos de las instalaciones de un competidor, así como determinar el tiempo de respuesta deseado para cada mercado y los costos de logística a un nivel agregado en cada región.

Con base en toda esta información, los gerentes deben identificar la configuración regional de las instalaciones para la red de la cadena de suministro empleando los modelos de diseño analizados en la siguiente sección. La configuración regional define el número aproximado de instalaciones en la red, las regiones donde las instalaciones serán construidas, y si la instalación producirá todos los productos para un mercado determinado o pocos productos para todos los mercados en la red.

FASE III: SELECCIONAR UN GRUPO DE SITIOS POTENCIALMENTE DESEABLES

El objetivo de la fase III es seleccionar un grupo de sitios potencialmente deseables dentro de cada región para ubicar las instalaciones con base en un análisis de disponibilidad de infraestructura para apoyar las metodologías de producción deseadas. Los *requerimientos de infraestructura dura* incluyen la disponibilidad de los proveedores, los servicios de transporte, la comunicación, los servicios y la infraestructura de almacenaje. Por su parte, los *requerimientos de infraestructura suave* son la disponibilidad de mano de obra especializada, la rotación de mano de obra y la receptividad de la comunidad al negocio y la industria.

FASE IV: OPCIONES DE UBICACIÓN

El objetivo de la fase IV es seleccionar la ubicación y la asignación de capacidad precisas para cada instalación. La atención se limita a los sitios potencialmente deseables seleccionados en la fase III. La red se diseña para maximizar las utilidades totales tomando en consideración el margen esperado y la demanda en cada mercado, los diversos costos de logística e instalación y los impuestos y aranceles en cada instalación.

En la siguiente sección analizamos las metodologías para tomar las decisiones respecto a la ubicación de las instalaciones y la asignación de la capacidad durante las fases II a la IV.

5.4 MODELOS PARA LA UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES Y LA ASIGNACIÓN DE CAPACIDAD

La meta del gerente al ubicar las instalaciones y asignar la capacidad debe ser maximizar la rentabilidad total de la red de la cadena de suministro resultante y, al mismo tiempo, proporcionar a los clientes la capacidad de respuesta apropiada. Los ingresos provienen de la venta de productos, mientras que los costos proceden de las instalaciones, mano de obra, transporte, materiales e inventarios. Las utilidades de la compañía también se ven afectadas por los impuestos y aranceles. Idealmente, las utilidades después de los impuestos y aranceles deben maximizarse al diseñar la red de la cadena de suministro.

También hay que tomar en consideración los equilibrios que deben buscarse al diseñar la red. Por ejemplo, si se construyen muchas instalaciones para atender los mercados locales, se reducen los costos de transporte y mejora el tiempo de respuesta, pero aumentan los costos de inventario e instalación.

Los gerentes usan los modelos de diseño de la red en dos situaciones diferentes. Primero, estos modelos se emplean para decidir los sitios donde se establecerán las instalaciones y la capacidad que se le asignará a cada una. Al tomar esta decisión, es necesario considerar un horizonte de tiempo durante el cual no se modificará ni la ubicación ni la capacidad (en general, años). Segundo, estos modelos se emplean para asignar la demanda actual a las instalaciones disponibles e identificar las rutas de transporte del producto. Es necesario considerar esta decisión por lo menos anualmente, conforme cambian la demanda, los precios, los tipos de cambio y los aranceles. En ambos casos, la meta es maximizar las utilidades sin dejar de satisfacer las necesidades del cliente. Idealmente, la siguiente información debe estar disponible al tomar la decisión sobre el diseño:

- Ubicación de las fuentes de abastecimiento y mercados
- Ubicación de los sitios de las posibles instalaciones
- Pronóstico de la demanda por mercado
- Costos de instalación, mano de obra y material por sitio
- Costos de transporte entre cada par de sitios
- Costos de inventario por sitio y como una función de la cantidad
- Precio de venta del producto en diferentes regiones
- Impuestos y aranceles
- Tiempo de respuesta deseado y otros factores de servicio

Dada esta información, se pueden emplear los modelos de gravedad o los modelos de optimización de redes para diseñar la red. Nosotros organizamos los modelos de acuerdo con la fase del marco del diseño de la red en la que es probable que cada modelo sea útil.

FASE II: MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE REDES

Durante la fase II del marco del diseño de la red (véase la figura 5-2), el gerente considera la demanda regional, aranceles, economías de escala y los costos agregados de los factores para decidir las regiones en las cuales se ubicarán las instalaciones. Como ejemplo, consideremos a SunOil, fabricante de productos petroquímicos con ventas en todo el mundo. El vicepresidente de la cadena de suministro puede considerar varias opciones para satisfacer la demanda. Una posibilidad es construir una instalación en cada región. La ventaja de tal método es que disminuye los costos de transporte y ayuda a evitar los aranceles que pueden ser impuestos si el producto es importado de otras regiones. La desventaja de este método es que las dimensiones de las plantas se determinan para satisfacer la demanda local y pueden no explotar del todo las economías de escala. Un método alternativo es consolidar las plantas en algunas regiones. Esto mejora las economías de escala pero incrementa los costos de transporte y los impuestos. Du-

FIGURA 5-3 Datos de los costos y la demanda de SunOil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	***Entradas – Costos, Capacidades, Demandas***									
2		*Región de demanda Costo de producción y transporte por cada 1,000,000 de unidades*					**Costo**	**Capacidad**	**Costo**	**Capacidad**
3	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África	**fijo ($)**	**baja**	**fijo ($)**	**alta**
4	América del Norte	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	América del Sur	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europa	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	África	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	*Demanda*	12	8	14	16	7				

rante la fase II, el gerente debe considerar estos balances cuantificables junto con los factores no cuantificables, como el ambiente competitivo y el riesgo político.

Los modelos de optimización de redes son útiles para los gerentes que consideran las configuraciones regionales durante la fase II. El primer paso es recolectar la información en una forma tal que pueda utilizarse en un modelo cuantitativo. Para SunOil, el vicepresidente de la cadena de suministro decide ver la demanda mundial en términos de cinco regiones: América del Norte, América del Sur, Europa, África y Asia. Los datos recopilados se presentan en la figura 5-3.

La demanda anual en cada una de las regiones se muestra en las celdas B9:F9. Las celdas B4:F8 contienen los costos variables de producción, inventario y transporte (incluyendo aranceles y derechos) de producir en una región para satisfacer la demanda en cada región individual. Por ejemplo, como se observa en la celda C4, cuesta 92,000 dólares (incluyendo derechos) producir un millón de unidades en América del Norte y venderlas en América del Sur. Observe que la información recopilada en esta etapa está a un nivel agregado.

Hay costos fijos y variables asociados con las instalaciones, transporte e inventarios en cada instalación. Los costos fijos son aquellos en los que siempre se incurre sin importar cuánto se ha producido o enviado desde la instalación. Los costos variables son aquellos en los que se incurre en proporción a la cantidad de lo producido o enviado. Los costos de instalación, transporte e inventario en general muestran economías de escala y el costo marginal disminuye conforme la cantidad producida se incrementa. Sin embargo, en los modelos consideramos que todos los costos variables crecen linealmente con la cantidad producida o enviada.

SunOil considera dos tamaños diferentes de plantas en cada ubicación. Las plantas de capacidad baja pueden producir 10 millones de unidades por año, mientras que las de capacidad alta pueden producir 20 millones de unidades por año, como se muestra en las celdas H4:H8 y J4:J8, respectivamente. Las plantas de capacidad alta muestran algunas economías de escala y tienen costos fijos que son menos del doble de los de una planta de capacidad baja, como se observa en las celdas I4:I8. Todos los costos fijos son anualizados. El vicepresidente quiere saber cuál sería la red de mejor costo. Para responder esta pregunta, necesitamos analizar el modelo de localización de planta con capacidad limitada, que puede usarse en esta situación.

Modelo de localización de planta con capacidad limitada

El modelo de optimización de redes de localización de planta con capacidad limitada requiere los siguientes datos:

n = número de posibles localizaciones y capacidades de la planta (cada nivel de capacidad contará como una ubicación separada)
m = número de mercados o puntos de demanda
D_j = demanda anual del mercado j
K_i = capacidad potencial de la planta i
f_i = costo fijo anualizado de mantener la fábrica i abierta
c_{ij} = costo de producir y enviar una unidad desde la fabrica i al mercado j (el costo incluye producción, inventario, transporte y aranceles)

El objetivo del equipo de la cadena de suministro es decidir cuál es el diseño de la red que maximiza las utilidades después de impuestos. Sin embargo, para efectos de simplicidad, suponemos que toda la demanda debe satisfacerse y se pasan por alto los impuestos sobre las utilidades. De esta manera, el modelo se enfoca en minimizar el costo de satisfacer la demanda global. Sin embargo, puede modificarse para incluir las utilidades e impuestos. Definamos las siguientes variables de decisión:

y_i = 1 si la planta i está abierta, 0 si está cerrada
x_{ij} = cantidad enviada desde la planta i al mercado j

El problema se formula como el modelo entero siguiente:

$$Min \quad \sum_{i=1}^{n} f_i y_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij}$$

donde

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = D_j \qquad \text{para} \qquad j = 1, \ldots, m \tag{5.1}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq K_i y_i \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, n \tag{5.2}$$

$$y_i \in \{0, 1\} \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, n, \; x_{ij} \geq 0 \tag{5.3}$$

La función objetivo minimiza el costo total (fijo + variable) de construir y operar la red. La restricción en la ecuación 5.1 requiere que la demanda de cada mercado regional sea satisfecha. La restricción de la ecuación 5.2 establece que ninguna planta puede producir más de lo que permite su capacidad. (Como es lógico, la capacidad es 0 si la planta está cerrada, y K_i si está abierta. El producto de los términos $K_i y_i$, capta este efecto.) La restricción de la ecuación 5.3 implica que cada planta está abierta ($y_i = 1$) o cerrada ($y_i = 0$). La solución identifica las plantas que se mantendrán abiertas, su capacidad y la asignación de la demanda regional a estas plantas.

El modelo se resuelve utilizando la herramienta Solver de Excel. Dada la información, el siguiente paso en Excel es identificar las celdas correspondientes a cada variable de decisión como se muestra en la figura 5-4. Las celdas B14:F18 corresponden a las variables de deci-

FIGURA 5-4 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión de SunOil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	*Entradas – Costos, Capacidades, Demandas*									
2		*Región de demanda Costo de producción y transporte por cada 1,000,000 de unidades*					**Costo fijo ($)**	**Capacidad baja**	**Costo fijo ($)**	**Capacidad alta**
3	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África				
4	América del Norte	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	América del Sur	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europa	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	116	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	África	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	*Demanda*	12	8	14	16	7				
10										
11	*Variables de decisión*									
12		*Región de demanda – Asignación de la producción (1000 unidades)*					Plantas	Plantas		
13	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África	(1=abierta)	(1=abierta)		
14	América del Norte	0	0	0	0	0	0	0		
15	América del Sur	0	0	0	0	0	0	0		
16	Europa	0	0	0	0	0	0	0		
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0		
18	África	0	0	0	0	0	0	0		

sión x_{ij} que determinan la cantidad producida en una región de oferta y enviada a la región de demanda. Las celdas G14:G18 incluyen las variables de decisión y_i que corresponden a las plantas de capacidad baja; las celdas H14:H18 contienen las variables de decisión y_i que corresponden a las plantas de capacidad alta. Inicialmente, todas las variables de decisión se establecen en 0.

El siguiente paso es construir las celdas para las restricciones de las ecuaciones 5.1 y 5.2 y la función objetivo. Las celdas de las restricciones y la función objetivo se muestran en la figura 5-5. Las celdas B22:B26 incluyen las restricciones de capacidad de la ecuación 5.2 y las B28:F28 contienen las restricciones de demanda de la ecuación 5.1. La función objetivo se muestra en la celda B31, la cual mide el costo fijo total más el costo variable de operación de la red.

FIGURA 5-5 Área de la hoja de cálculo para las restricciones y función objetivo de SunOil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	***Entradas – Costos, Capacidades, Demandas***									
2		*Región de demanda Costo de producción y transporte por cada 1,000,000 de unidades*					**Costo**	**Capacidad**	**Costo**	**Capacidad**
3	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África	**fijo ($)**	**baja**	**fijo ($)**	**alta**
4	América del Norte	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	América del Sur	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europa	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	África	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	*Demanda*	12	8	14	16	7				
10										
11	***Variables de decisión***									
12		*Región de demanda – Asignación de la producción (1000 unidades)*					Plantas	Plantas		
13	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África	(1=abierta)	(1=abierta)		
14	América del Norte	0	0	0	0	0	0	0		
15	América del Sur	0	0	0	0	0	0	0		
16	Europa	0	0	0	0	0	0	0		
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0		
18	África	0	0	0	0	0	0	0		
19										
20	***Restricciones***									
21	*Región de oferta*	*Exceso de capacidad*								
22	América del Norte	0								
23	América del Sur	0								
24	Europa	0								
25	Asia	0								
26	África	0								
27	*Demanda no*	América del N	América del S	Europa	Asia	África				
28	*satisfecha*	12	8	14	16	7				
29										
30	***Función objetivo***									
31	***Costo =***	$ -								

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
B28	=B9 - SUM(B14:B18)	5.1	B28:F28
B22	=G14*H4 + H14*J4 - SUM(B14:F14)	5.2	B22:B26
B31	=SUMPRODUCT(B14:F18,B4:F8) + SUMPRODUCT(G14:G18,G4:G8) + SUMPRODUCT(H14:H18,I4:I8)	Función objetivo	—

FIGURA 5-6 Empleo de Solver para establecer la configuración regional de SunOil

Entradas – Costos, Capacidades, Demandas

	Región de demanda. Costo de producción y transporte por cada 1,000,000 de unidades					Costo fijo ($)	Capacidad baja	Costo fijo ($)	Capacidad alta
Región de oferta	América del N	América del S	Europa	Asia	África				
América del Norte	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
América del Sur	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
Europa	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
África	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
Demanda	12	8	14	16	7				

Variables de decisión

	Región de demanda – Asignación de la producción (1000 unidades)					Plantas (1=abierta)	Plantas (1=abierta)
Región de oferta	América del N	América del S	Europa	Asia	África		
América del Norte	0	0	0	0	0	0	0
América del Sur	0	0	0	0	0	0	0
Europa	0	0	0	0	0	0	0
Asia	0	0	0	0	0	0	0
África	0	0	0	0	0	0	0

Restricciones

Región de oferta	*Exceso de capaci*
América del Norte	0
América del Sur	0
Europa	0
Asia	0
África	0

Demanda no satisfecha	América del N	Améric
	12	

Función objetivo

Costo = $ -

Solver Parameters
Set Cell: $B$31
Equal To: Max Min Value of: 0
By Changing Variable Cells:
$B$11:$H$18
Subject to the Constraints:
$B$14:$H$18 >= 0
$B$22:$B$26 >= 0
$B$28:$F$28 = 0
$G$14:$H$18 = binary
Standard GRG Nonlinear
Solve
Close
Guess
Options
Add
Variables
Change
Reset All
Delete
Help

El siguiente paso es emplear Tools | Solver como se muestra en la figura 5-6. Dentro de Solver, el objetivo es minimizar el costo total en la celda B31. Las variables están en las celdas B14:H18. Las restricciones son las siguientes:

B14:H18 ≥ 0 {Todas las variables de decisión son no negativas}

$$\text{B22:B26} \geq 0 \quad \left\{ K_i y_i - \sum_{j=1}^{m} x_{ij} \geq 0 \quad \text{para} \quad i = 1, \ldots, 5 \right\}$$

$$\text{B28:F28} = 0 \quad \left\{ D_j - \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 0 \quad \text{para} \quad j = 1, \ldots, 5 \right\}$$

G14:H18 *binario* {Las variables de ubicación y_i son binarias; esto es, 0 o 1}

Dentro del cuadro de diálogo de *Solver parameters*, haga clic en *Solver* para obtener la solución óptima, como se muestra en la figura 5-7. A partir de ésta, el equipo de la cadena de suministro concluye que la red de menor costo tendrá instalaciones ubicadas en América del Sur, Asia y África. Incluso una planta de capacidad alta deberá ser planeada en cada región. La planta en América del Sur satisface la demanda de América del Norte, mientras que las plantas de Asia y África satisfacen la de Europa.

El modelo analizado con anterioridad puede modificarse para contabilizar los imperativos estratégicos que requiere localizar una planta en alguna región. Por ejemplo, si SunOil decide ubicar la planta en Europa por razones estratégicas, podemos modificar el modelo agregando una restricción que requiere que una planta se localice en Europa. En esta etapa, deberán ser

FIGURA 5-7 Configuración regional óptima de la red de SunOil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	***Entradas – Costos, Capacidades, Demandas***									
2		*Región de demanda Costo de producción y transporte por cada 1,000,000 de unidades*					**Costo fijo ($)**	**Capacidad baja**	**Costo fijo ($)**	**Capacidad alta**
3	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África				
4	América del Norte	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	América del Sur	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europa	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	116	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	África	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	*Demanda*	12	8	14	16	7				
10										
11	***Variables de decisión***									
12		*Región de demanda – Asignación de la producción (1000 unidades)*					Plantas	Plantas		
13	*Región de oferta*	América del N	América del S	Europa	Asia	África	(1=abierta)	(1=abierta)		
14	América del Norte	0	0	0	0	0	0	0		
15	América del Sur	12	8	0	0	0	0	1		
16	Europa	0	0	0	0	0	0	0		
17	Asia	0	0	4	16	0	0	1		
18	África	0	0	10	0	7	0	1		
19										
20	***Restricciones***									
21	*Región de oferta*	*Exceso de capacidad*								
22	América del Norte	0								
23	América del Sur	0								
24	Europa	0								
25	Asia	0								
26	África	3								
27	*Demanda no*	América del N	América del S	Europa	Asia	África				
28	*satisfecha*	0	0	0	0	0				
29										
30	***Función objetivo***									
31	***Costo =***	$ 23,751								

evaluados los costos asociados con la variedad de opciones que incorporan diferentes combinaciones de intereses estratégicos, como por ejemplo, la presencia local. Entonces se selecciona una configuración regional deseable.

A continuación consideramos un modelo que puede ser útil durante la fase III.

FASE III: MODELOS DE GRAVEDAD EN LOCALIZACIÓN

Durante la fase III (véase la figura 5-2), el gerente identifica las ubicaciones potenciales en cada región donde la compañía ha decidido establecer una planta. Como paso preliminar, es necesario que el gerente identifique la localización geográfica de los posibles sitios considerados, empleando este modelo. El modelo se emplea para encontrar los sitios que minimizan los costos de transportar las materias primas de los proveedores y los bienes terminados a los mercados atendidos. A continuación, analizaremos un escenario típico en el cual se emplean los modelos de gravedad.

Consideremos, por ejemplo, a Steel Appliances (SA), un fabricante de refrigeradores y estufas de alta calidad. SA tiene una fábrica de ensamblaje cerca de Denver, desde la cual abastece a todo Estados Unidos. La demanda ha crecido con rapidez, por lo que el CEO ha decidido construir otra fábrica para atender los mercados de la costa este y, para ello, ha pedido al gerente de la cadena de suministro encontrar una ubicación adecuada para la nueva fábrica. Existen tres plantas localizadas en Buffalo, Memphis y Saint Louis que proveerán partes a la nueva fábrica, la cual atenderá los mercados de Atlanta, Boston, Jacksonville, Filadelfia y Nueva York. Las coordenadas de localización, la demanda de cada mercado, el suministro de partes requerido de cada planta y el costo de envío para cada fuente de abastecimiento o mercado se muestran en la tabla 5-1.

TABLA 5-1 Localizaciones de las fuentes de suministro y mercados de Steel Appliances

Fuentes/Mercados	*Costo de transporte \$/Ton Milla (F_n)*	*Cantidad en toneladas (D_n)*	*Coordenadas* x_n	y_n
Fuentes de suministro				
Buffalo	0.90	500	700	1,200
Memphis	0.95	300	250	600
Saint Louis	0.85	700	225	825
Mercados				
Atlanta	1.50	225	600	500
Boston	1.50	150	1,050	1,200
Jacksonville	1.50	250	800	300
Filadelfia	1.50	175	925	975
Nueva York	1.50	300	1,000	1,080

Los modelos de gravedad suponen que tanto los mercados como las fuentes de suministro pueden ubicarse como puntos sobre un plano. Todas las distancias se calculan como la distancia geométrica entre dos puntos en el plano. También suponen que los costos de transporte crecen linealmente con la cantidad embarcada. Analizamos un modelo de gravedad para localizar una instalación que recibe materias primas de las fuentes de suministro y envía productos terminados a los mercados. Los datos básicos del modelo son los siguientes:

x_n, y_n: coordenadas de la localización de un mercado o una fuente de suministro n
F_n: costo de enviar una unidad por milla entre la instalación y el mercado o la fuente de suministro n
D_n: cantidad que se enviará entre la instalación y el mercado o la fuente de suministro n

Si (x, y) es la localización seleccionada para la instalación, la distancia d_n, entre la instalación en esa localización (x, y) y la fuente de suministro o mercado n está dada por

$$d_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2} \quad \textbf{(5.4)}$$

el costo total de transporte (TC) está dado por

$$TC = \sum_{n=1}^{k} d_n D_n F_n \quad \textbf{(5.5)}$$

La ubicación óptima es la que minimiza el TC total de la ecuación 5.5. La solución óptima para SA se obtiene empleando la herramienta Solver de Excel como se muestra en la figura 5-8. El primer paso es introducir los datos del problema, como se muestra en las celdas B5:G12. A continuación, establecemos las variables de decisión (x, y) correspondientes a la localización de la nueva instalación en las celdas B16 y B17, respectivamente. En las celdas G5:G12, introducimos la distancia d_n desde la localización de la instalación (x, y) a cada fuente o mercado empleando la ecuación 5.4. En la celda B19 se calcula el TC total empleando la ecuación 5.5.

El siguiente paso es emplear Tools | Solver para invocar Solver. Dentro del cuadro de diálogo de *Solver parameters* (véase la figura 5-8), introducimos la siguiente información para representar el problema.

Establecer la celda de destino: B19
Igual a: seleccionar *Min*
Cambiando las celdas: B16:B17

Hacer clic en el botón Solver. La solución óptima aparece en las celdas B16 y B17.

FIGURA 5-8 Empleo de Solver para optimizar la localización de Steel Appliances

	Fuentes/Mercados	\$/Ton por milla F_n	Tone-ladas D_n	Coordenadas x_n	y_n	d_n
Fuentes	Buffalo	0.90	500	700	1200	1389
	Memphis	0.95	300	250	600	650
	St. Louis	0.85	700	225	825	855
Mercados	Atlanta	1.50	225	600	500	781
	Boston	1.50	150	1050	1200	1595
	Jacksonville	1.50	250	800	300	854
	Philadelphia	1.50	175	925	975	1344
	New York	1.50	300	1000	1080	1472

Localización de la instalación

X = 0.0
Y = 0.0

Costo \$3,277,110

Solver Parameters
Set Cell: \$B\$19
Equal To: Max Min Value of: 0
By Changing Variable Cells: \$B\$16:\$B\$17
Subject to the Constraints:
Standard GRG Nonlinear
Solve Close Guess Options Add Variables Change Reset All Delete Help

table11.2

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
G5	=SQRT((\$B\$16-E5)^2+(\$B\$17-F5)^2)	5.1	G5:G12
B19	=SUMPRODUCT(G5:G12,D5:D12,C5:C12)	5.2	—

De esta manera, el gerente identifica las coordenadas $(x, y) = (681, 882)$ como la localización de la fábrica que minimiza el costo total TC. En un mapa, se observa que estas coordenadas están cercanas a la frontera de Carolina del Norte y Virginia. Las coordenadas precisas proporcionadas por el modelo de gravedad pueden no corresponder a una localización factible, por lo que el gerente deberá buscar sitios cercanos a las coordenadas óptimas que tengan la infraestructura requerida, así como la mano de obra calificada.

El modelo también puede resolverse empleando el siguiente procedimiento iterativo.

1. Para cada fuente de suministro o mercado n, evaluar d_n como se definió en la ecuación 5.4.
2. Obtener la nueva localización (x', y') de la instalación, donde

$$x' = \frac{\sum_{n=1}^{k} \frac{D_n F_n x_n}{d_n}}{\sum_{n=1}^{k} \frac{D_n F_n}{d_n}} \quad \text{y} \quad y' = \frac{\sum_{n=1}^{k} \frac{D_n F_n y_n}{d_n}}{\sum_{n=1}^{k} \frac{D_n F_n}{d_n}}$$

3. Si la nueva localización (x', y') es casi la misma que (x, y) deténgase. De otra manera, establezca $(x, y) = (x', y')$ y vaya al paso 1.

FASE IV: MODELOS DE OPTIMIZACIÓN DE RED

Durante la fase IV (véase la figura 5-2), el gerente decide sobre la ubicación y asignación de la capacidad de cada instalación. Además de esto, debe decidir sobre cómo asignar los mercados a las instalaciones. Esta asignación debe tomar en cuenta las restricciones de servicio al cliente en términos del tiempo de respuesta. Las decisiones sobre asignación de la demanda pueden modificarse con regularidad, conforme los costos cambian y los mercados evolucionan. Al diseñar la red, tanto las decisiones de ubicación como asignación deben de tomarse de manera conjunta.

Ilustramos los modelos de optimización de la red relevantes utilizando el ejemplo de dos fabricantes de equipo de telecomunicaciones de fibra óptica. Tanto TelecomOne como High Optic son fabricantes de la última generación de este tipo de equipo. TelecomOne se ha enfocado en la mitad este de Estados Unidos. Tiene plantas de manufactura ubicadas en Baltimore, Memphis y Wichita para atender los mercados de Atlanta, Boston y Chicago. HighOptic se ha enfocado en la mitad oeste del país para atender los mercados de Denver, Omaha y Portland con plantas en Cheyenne y Salt Lake City.

Las capacidades de las plantas, la demanda del mercado, el costo variable de producción y transporte por millares de unidades enviadas y los costos fijos mensuales de cada planta se muestran en la tabla 5-2.

Asignación de la demanda a las instalaciones de producción

Con base en la tabla 5-2, calculamos que TelecomOne tiene una capacidad de producción total de 71,000 unidades por mes y una demanda total de 30,000 unidades por mes, mientras que HighOptic tiene una capacidad de producción de 51,000 unidades por mes y una demanda de 24,000 por mes. Cada año, los gerentes de ambas compañías deciden cómo asignar la demanda a sus instalaciones de producción conforme cambian la demanda y los costos.

El problema de asignar la demanda se resuelve empleando el modelo de asignación de la demanda, el cual requiere de los siguientes datos:

n = número de ubicaciones fabriles
m = número de mercados o puntos de demanda
D_j = demanda anual del mercado j
K_i = capacidad de la fábrica i
c_{ij} = costo de producir y enviar una unidad de la fabrica i al mercado j (el costo incluye producción, inventario y transporte)

El objetivo es asignar la demanda de diferentes mercados a varias plantas para minimizar el costo total de las instalaciones, el transporte y el inventario. A continuación definimos las variables de decisión:

$$x_{ij} = \text{cantidad enviada desde la fábrica } i \text{ al mercado } j$$

TABLA 5-2 Datos de capacidad, demanda y costos de TelecomOne y HighOptic

	Costo de producción y transporte por millar de unidades a la ciudad de demanda (miles de $)							
Ciudad de oferta	*Atlanta*	*Boston*	*Chicago*	*Denver*	*Omaha*	*Portland*	*Capacidad mensual (miles de unidades)* K_i	*Costo fijo mensual (miles de $)* f_i
Baltimore	1,675	400	685	1,630	1,160	2,800	18	7,650
Cheyenne	1,460	1,940	970	100	495	1,200	24	3,500
Salt Lake City	1,925	2,400	1,425	500	950	800	27	5,000
Memphis	380	1,355	543	1,045	665	2,321	22	4,100
Wichita	922	1,646	700	508	311	1,797	31	2,200
Demanda mensual (miles de unidades) D_j	10	8	14	6	7	11		

TABLA 5-3 Asignación de la demanda óptima para TelecomOne y HighOptic

		Atlanta	*Boston*	*Chicago*	*Denver*	*Omaha*	*Portland*
TelecomOne	Baltimore	0	8	2			
	Memphis	10	0	12			
	Wichita	0	0	0			
HighOptic	Salt Lake				0	0	11
	Cheyenne				6	7	0

El problema se formula como el siguiente modelo de programación lineal:

$$Min \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} C_{ij}x_{ij}$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = D_j \qquad \text{para} \qquad j = 1, \ldots, m \tag{5.6}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq K_i \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, n \tag{5.7}$$

Las restricciones de la ecuación 5.6 aseguran que toda la demanda del mercado se satisfaga y las de la ecuación 5.7 aseguran que ninguna fábrica produzca más de su capacidad.

Tanto para TelecomOne como para HighOptic, el problema de la asignación de la demanda se resuelve empleando la herramienta Solver de Excel. La asignación de la demanda óptima se presenta en la tabla 5-3. Observemos que lo óptima para TelecomOne es no producir en la instalación de Wichita aun cuando se encuentre en operación y se incurra en el costo fijo. Con la asignación de la demanda que se muestra en la misma tabla, TelecomOne incurre en un costo variable mensual de 14,886,000 dólares y un costo fijo de 13,950,000 dólares cuya suma total mensual es de 28,836,000 dólares. HighOptic incurre en un costo variable de 12,865,000 dólares y un costo fijo de 8,500,000 dólares para un costo total mensual de 21,365,000 dólares.

Localización de las plantas: el modelo de localización de planta con capacidad limitada

Tanto la administración de TelecomOne como de HighOptic han decidido fusionarse para formar una sola compañía denominada TelecomOptic, ya que consideran que se obtendrán beneficios significativos si se fusionan las redes de manera apropiada. TelecomOptic tendrá cinco fábricas con las cuales atenderá seis mercados. La administración está pensando en si son necesarias todas las fábricas, por lo que ha asignado a un equipo de la cadena de suministro para estudiar la red de la compañía e identificar las plantas que deberán cerrarse.

El problema de seleccionar la ubicación óptima y la asignación de la capacidad es muy similar al problema de la configuración regional que estudiamos en la fase II. La única diferencia es que en lugar de emplear los costos y aranceles que aplican en una región, ahora emplearemos los de una ubicación específica. El equipo decide emplear el modelo de localización de planta con capacidad limitada analizado con anterioridad para resolver el problema en la fase IV.

De modo ideal, el problema debería formularse para maximizar las utilidades totales tomando en consideración los costos, impuestos y aranceles por ubicación. Puesto que los impuestos y los aranceles no varían entre lugares, el equipo decide ubicar las fábricas y luego distribuir la demanda entre las fábricas que seguirán abiertas para minimizar el costo total de las instalaciones, transporte e inventario, y define las siguientes variables de decisión:

y_i = 1 si la fábrica i está abierta, 0 si está cerrada
x_{ij} = la cantidad enviada de la fábrica i al mercado j

FIGURA 5-9 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión de TelecomOptic

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	***Datos – Costos, capacidades, demanda (para TelecomOptic)***								
2		*Ciudad de demanda Costo de producción y transporte por 1,000 unidades*						**Costo fijo ($)**	**Capacidad**
3	*Ciudad de oferta*	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
4	Baltimore	1,675	400	685	1,630	1,160	2,800	7,650	18
5	Cheyenne	1,460	1,940	970	100	495	1,200	3,500	24
6	Salt Lake	1,925	2,400	1,425	500	950	800	5,000	27
7	Memphis	380	1,355	543	1,045	665	2,321	4,100	22
8	Wichita	922	1,646	700	508	311	1,797	2,200	31
9	Demand	10	8	14	6	7	11		
11	***Variables de decisión***								
12		*Ciudad de demanda – Asignación de la producción (1,000 unidades)*						Plantas	
13	*Ciudad de oferta*	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland	(1=abierta)	
14	Baltimore	0	0	0	0	0	0	0	
15	Cheyenne	0	0	0	0	0	0	0	
16	Salt Lake	0	0	0	0	0	0	0	
17	Memphis	0	0	0	0	0	0	0	
18	Wichita	0	0	0	0	0	0	0	

Table11.4 HighOptic / Table11.4 TelecomOne / Produ

Recordemos que el problema se formula como el siguiente programa:

$$Min \qquad \sum_{i=1}^{n} f_i y_i + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a que x y y satisfagan las restricciones de las ecuaciones 5.1, 5.2 y 5.3.

La información de la capacidad y la demanda junto con los costos de producción, transporte e inventario en diferentes fábricas de la empresa fusionada TelecomOptic se muestran en la tabla 5-2. El equipo de la cadena decide resolver el modelo de localización de la planta empleando la herramienta Solver de Excel.

El primer paso para la construcción del modelo de Solver es introducir la información sobre el costo, la demanda y la capacidad como se muestra en la figura 5-9. Los costos fijos f_i de las cinco plantas se introducen en las celdas H4 a H8. Las capacidades K_i se introducen en las celdas I4 a I8. Los costos variables de cada planta a ciudad de demanda, c_{ij}, se introducen en las celdas B4 a G8. Las demandas D_j de los seis mercados se introducen en las celdas B9 a G9. A continuación, las variables de decisión x_{ij}, y y_i, correspondientes a las celdas B14 a G18 y H14 a H18, respectivamente, se asignan como se muestra en la figura 5-9. De manera inicial, todas las variables se fijan en 0.

El siguiente paso es construir las celdas para cada una de las restricciones de las ecuaciones 5.1 y 5.2. Estas celdas se muestran en la figura 5-10. Las celdas B22 a B26 contienen las restricciones de capacidad de la ecuación 5.7, mientras que las celdas B29 a G29 contienen las restricciones de la demanda de la ecuación 5.6. La restricción de la celda B22 corresponde a la restricción de la capacidad para la fábrica en Baltimore. La celda B29 corresponde a la restricción de la demanda para el mercado de Atlanta. Las restricciones de capacidad requieren que el valor de la celda sea mayor o igual ($\geq$) a 0, mientras que las restricciones de la demanda requieren que el valor de la celda sea igual a 0.

La función objetivo mide el costo total fijo y variable de la red de la cadena y se evalúa en la celda B32. El siguiente paso es emplear Tools | Solver para llamar a Solver como se muestra en la figura 5-11.

Dentro de Solver, el objetivo es minimizar el costo total en la celda B32. Las variables están en las celdas B14:H18. Las restricciones son las siguientes:

B14:G18 ≥ 0 {Todas las variables de decisión son no negativas}

B22:B26 ≥ 0 $\left\{K_i y_i - \sum_{j=1}^{m} x_{ij} \geq 0 \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, 5\right\}$

FIGURA 5-10 Área de la hoja de cálculo para las restricciones de TelecomOptic

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	*Datos – Costos, capacidades, demanda (para TelecomOptic)*								
2		*Ciudad de demanda* *Costo de producción y transporte por cada 1,000 unidades*						**Costo fijo ($)**	**Capacidad**
3	*Ciudad de oferta*	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
4	Baltimore	1,675	400	685	1,630	1,160	2,800	7,650	18
5	Cheyenne	1,460	1,940	970	100	495	1,200	3,500	24
6	Salt Lake	1,925	2,400	1,425	500	950	800	5,000	27
7	Memphis	380	1,355	543	1,045	665	2,321	4,100	22
8	Wichita	922	1,646	700	508	311	1,797	2,200	31
9	Demand	10	8	14	6	7	11		
11	*Variables de decisión*								
12		*Ciudad de demanda – Asignación de la producción (1,000 unidades)*						Plantas	
13	*Ciudad de oferta*	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland	(1=abierta)	
14	Baltimore	0	0	0	0	0	0	0	
15	Cheyenne	0	0	0	0	0	0	0	
16	Salt Lake	0	0	0	0	0	0	0	
17	Memphis	0	0	0	0	0	0	0	
18	Wichita	0	0	0	0	0	0	0	
20	*Restricciones*								
21	*Ciudad de oferta*	*Exceso de capacidad*							
22	Baltimore	0			*Capacidad disponible total*				
23	Cheyenne	0							
24	Salt Lake	0			Solver			*Véase la formulación de la programación lineal*	
25	Memphis	0							
26	Wichita	0							
28	*Demanda no*	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
29	*satisfecha*	10	8	14	6	7	11		
31	*Función objetivo*								
32	*Costo*	$ -							

Table11.4 HighOptic / Table11.4 TelecomOne / Produ

Celda	Fórmula	Ecuación	Copiada a
B22	= I4*H14 - SUM(B14:G14)	5.6	B22:B26
B29	= B9 - SUM(B14:B18)	5.5	B29:G29
B32	= SUMPRODUCT(B4:G8, B14:G18) + SUMPRODUCT(H4:H8, H14:H18)	Función objetivo	—

$$\text{B29:G29} = 0 \quad \left\{ D_j - \sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 0 \qquad \text{para} \qquad j = 1, \ldots, 6 \right\}$$

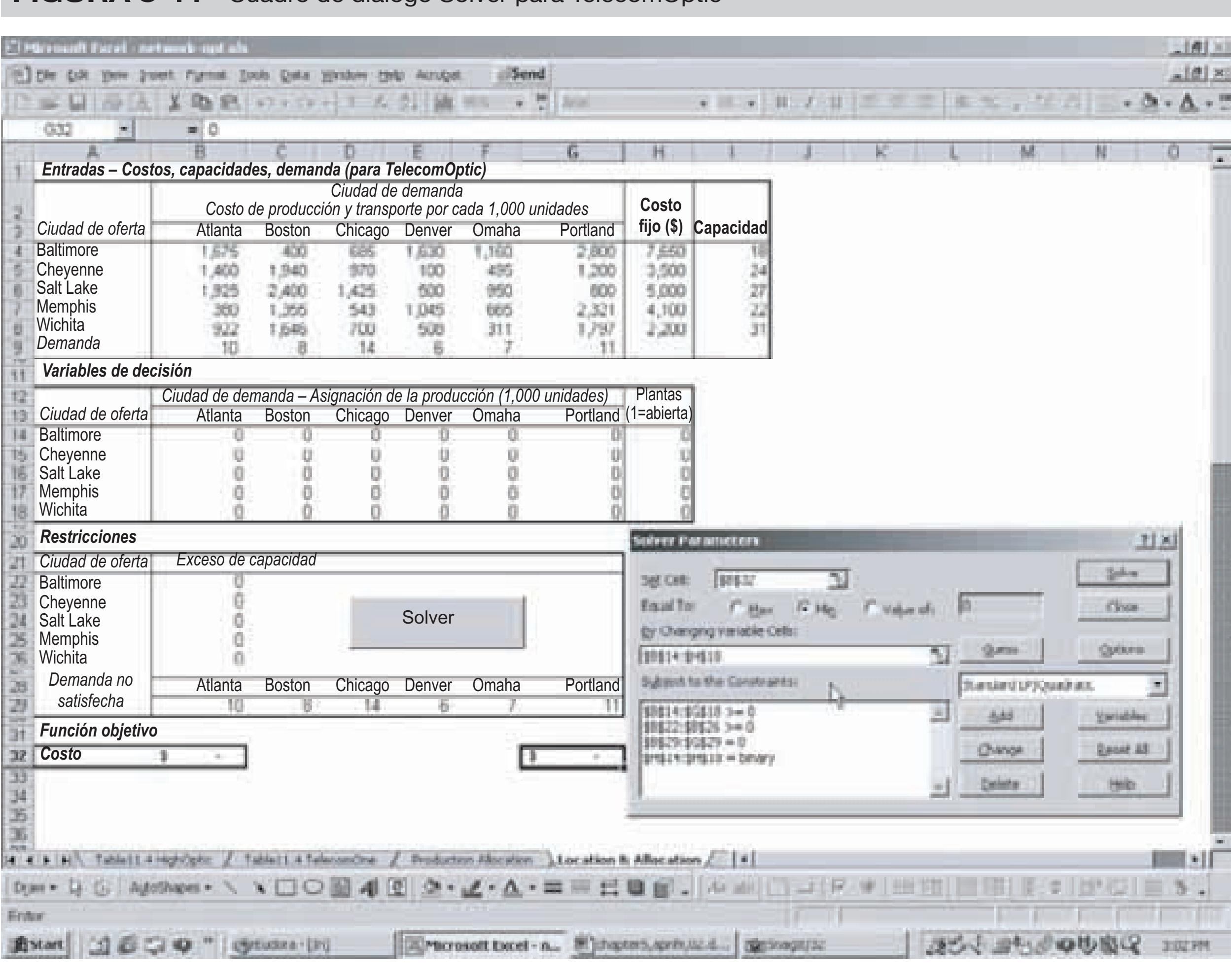
H14:H18 *binary* {Las variables de localización y_i son binarias; esto es, 0 o 1}

Dentro del cuadro de diálogo Solver parameters, hacer clic en Solver para obtener la solución óptima, como se observa en la figura 5-12. A partir de esta figura, el equipo concluye que lo óptimo para TelecomOptic es cerrar las plantas de Salt Lake City y Wichita y mantener abiertas las plantas de Baltimore, Cheyenne y Memphis. El costo total mensual de esta red y operación es de 47,401,000 dólares. Este costo representa ahorros de cerca de 3 millones de dólares mensuales en comparación con la situación en la cual TelecomOne y HighOptic operaban por separado sus redes.

Localización de las plantas: el modelo de localización de planta con capacidad limitada con fuente única

En algunos casos, las compañías quieren diseñar la red de la cadena de suministro para atender un mercado desde una sola fábrica, denominada *fuente única*. Las compañías pueden imponer

FIGURA 5-11 Cuadro de diálogo Solver para TelecomOptic



esta restricción, ya que disminuye la complejidad de la coordinación de la red y requiere menos flexibilidad de cada instalación. El modelo analizado de manera previa necesita algunas modificaciones para satisfacer esta restricción. Las variables de decisión se redefinen como sigue:

y_i = 1 si la fábrica está ubicada en el sitio i, 0 si no es así
x_{ij} = 1 si el mercado j es abastecido por la fábrica i, 0 en caso contrario

El problema se formula como el siguiente programa:

$$Min \quad \sum_{i=1}^{n} f_i y_i + \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} D_j c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad \text{para} \qquad j = 1, \ldots, m \tag{5.8}$$

$$\sum_{j=1}^{m} D_j x_{ij} \leq K_i y_i \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, n \tag{5.9}$$

$$x_{ij}, y_i \in \{0,1\} \tag{5.10}$$

FIGURA 5-12 Diseño de la red óptima para TelecomOptic

Entradas – Costos, capacidades, demanda (para TelecomOptic)

	Ciudad de demanda Costo de producción y transporte por cada 1,000 unidades						Costo fijo ($)	Capacidad
Ciudad de oferta	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
Baltimore	1,675	400	685	1,630	1,160	2,800	7,650	18
Cheyenne	1,460	1,940	970	100	495	1,200	3,500	24
Salt Lake	1,925	2,400	1,425	500	950	800	5,000	27
Memphis	380	1,355	543	1,045	665	2,321	4,100	22
Wichita	922	1,646	700	508	311	1,797	2,200	31
Demanda	10	8	14	6	7	11		

Variables de decisión

	Ciudad de demanda – Asignación de la producción (1,000 unidades)						Plantas (1=abierta)
Ciudad de oferta	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland	
Baltimore	0	8	2	0	0	0	1
Cheyenne	0	0	0	6	7	11	1
Salt Lake	0	0	0	0	0	0	0
Memphis	10	0	12	0	0	0	1
Wichita	0	0	0	0	0	0	0

Restricciones

Ciudad de oferta	*Exceso de capacidad*
Baltimore	8
Cheyenne	0
Salt Lake	0
Memphis	0
Wichita	0

	Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland
Demanda no satisfecha	0	0	0	0	0	0

Solver

Véase la formulación de la programación lineal

Función objetivo

Costo	$ 47,401

Table11.4 HighOptic / Table11.4 TelecomOne / Productio

Las restricciones de las ecuaciones 5.8 y 5.10 aseguran que cada mercado se abastezca exactamente de una fábrica.

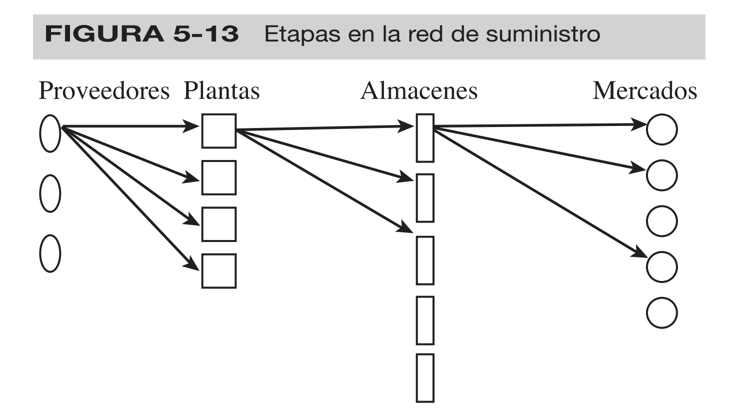
No describiremos la solución del modelo en Excel, ya que es muy similar al modelo previamente analizado. La red óptima con fuente única para TelecomOptic se muestra en la tabla 5-4.

Si se requiere de una fuente única, lo óptimo para TelecomOptic es cerrar las fábricas de Baltimore y Cheyenne. Esto es diferente del resultado de la figura 5-12, en el cual se cerraron las fábricas de Salt Lake City y Wichita. El costo mensual de operar la red es de 49,717,000 dólares (tabla 5-4). Este costo es aproximadamente 2.3 millones de dólares más alto que el de operar la red de la figura 5-12, en la cual no se requirió de una fuente única. Así, el equipo de la cadena de suministro concluye que la fuente única agrega alrededor de 2.3 millones de dólares por mes al costo de la red, pero facilita la coordinación y requiere menos flexibilidad de las plantas.

TABLA 5-4 Configuración de la red óptima de TelecomOptic con una fuente única

	Abierto/Cerrado	*Atlanta*	*Boston*	*Chicago*	*Denver*	*Omaha*	*Portland*
Baltimore	Cerrado	0	0	0	0	0	0
Cheyenne	Cerrado	0	0	0	0	0	0
Salt Lake	Abierto	0	0	0	6	0	11
Memphis	Abierto	10	8	0	0	0	0
Wichita	Abierto	0	0	14	0	7	0

FIGURA 5-13 Etapas en la red de suministro



Localización simultánea de plantas y almacenes

Se necesita considerar una forma más general del modelo de localización de planta si se va a diseñar la red entera desde el proveedor al consumidor. Consideramos una cadena de suministro en la cual los proveedores envían materiales a las fábricas que proveen a los almacenes que a su vez abastecen los mercados, como se observa en la figura 5-13. Las decisiones sobre la localización y la asignación de la capacidad tienen que tomarse tanto para las fábricas como para los almacenes. Se pueden emplear muchos almacenes para satisfacer la demanda de un mercado y también se pueden utilizar muchas fábricas para abastecer a los almacenes. También se supone que todas las unidades se han ajustado de manera apropiada para que una unidad de insumo de una fuente de suministro produzca una unidad de producto terminado. El modelo requiere los siguientes datos:

m = número de mercados o puntos de demanda
n = número de posibles localizaciones de fábricas
l = número de proveedores
t = número de posibles localizaciones de almacenes
D_j = demanda anual del cliente j
K_i = Capacidad potencial de la fábrica en el sitio i
S_h = capacidad de suministro del proveedor h
W_e = capacidad potencial del almacén en el sitio e
F_i = costo fijo de localizar la planta en el sitio i
f_e = costo fijo de localizar el almacén en el sitio e
c_{hi} = costo de enviar una unidad de la fuente de suministro h a la fábrica i
c_{ie} = costo de producir y enviar una unidad de la fábrica i al almacén e
c_{ej} = costo de enviar una unidad del almacén e al cliente j

El objetivo es identificar las localizaciones de las plantas y los almacenes como también las cantidades enviadas entre los diversos puntos que minimizan los costos totales fijos y variables. Definir las siguientes variables de decisión:

y_i = 1 si la fábrica se localiza en el sitio i, 0 en caso contrario
y_e = 1 si el almacén se localiza en el sitio e, 0 en caso contrario
x_{ej} = cantidad enviada del almacén e al mercado j
x_{ie} = cantidad enviada de la fábrica en el sitio i al almacén e
x_{hi} = cantidad enviada del proveedor h a la fábrica en el sitio i

El problema se formula como el siguiente programa entero:

$$Min \quad \sum_{i=1}^{n} F_i y_i + \sum_{e=1}^{t} f_e y_e + \sum_{h=1}^{l}\sum_{i=1}^{n} c_{hi} x_{hi} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{e=1}^{t} c_{ie} x_{ie} + \sum_{e=1}^{t}\sum_{j=1}^{m} c_{ej} x_{ej}$$

La función objetivo minimiza los costos totales fijos y variables de la red de la cadena de suministro sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{hi} \leq S_h \qquad \text{para} \qquad h = 1, \ldots, l \tag{5.11}$$

La restricción de la ecuación 5.11 especifica que la cantidad total enviada desde un proveedor no puede exceder la capacidad de éste.

$$\sum_{h=1}^{l} x_{hi} - \sum_{e=1}^{t} x_{ie} \geq 0 \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, n \tag{5.12}$$

La restricción de la ecuación 5.12 establece que la cantidad enviada fuera de la fábrica no puede exceder la cantidad de la materia prima recibida.

$$\sum_{e=1}^{t} x_{ie} \leq K_i y_i \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, n \tag{5.13}$$

La restricción de la ecuación 5.13 asegura que la cantidad producida en la fábrica no rebase su capacidad.

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ie} - \sum_{j=1}^{m} x_{ej} \geq 0 \qquad \text{para} \qquad e = 1, \ldots, t \tag{5.14}$$

La restricción de la ecuación 5.14 especifica que la cantidad enviada fuera del almacén no puede rebasar la cantidad recibida de otras fábricas.

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ej} \leq W_e y_e \qquad \text{para} \qquad e = 1, \ldots, t \tag{5.15}$$

La restricción de la ecuación 5.15 especifica que la cantidad enviada a través de un almacén no puede rebasar su capacidad.

$$\sum_{e=1}^{t} x_{ej} = D_j \qquad \text{para} \qquad j = 1, \ldots, m \tag{5.16}$$

La restricción de la ecuación 5.16 especifica que la cantidad enviada a un cliente debe cubrir la demanda.

$$y_i, y_e \in \{0, 1\}, x_{ej}, x_{ie}, x_{hi} \geq 0 \tag{5.17}$$

La restricción de la ecuación 5.17 obliga a que cada fábrica o almacén esté abierto o cerrado.

El modelo analizado con anterioridad puede modificarse para permitir envíos directos entre las fábricas y mercados. Todos los modelos estudiados también pueden modificarse para acomodar las economías de escala en los costos de producción, transporte e inventario. Sin embargo, estos requerimientos hacen que los modelos sean difíciles de resolver.

TOMAR EN CONSIDERACIÓN LOS IMPUESTOS, ARANCELES Y REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Los modelos de diseño de la red deben estructurarse de manera que la cadena resultante maximice las utilidades después de aranceles e impuestos al tiempo que satisface las necesidades de servicio al cliente. Los modelos previamente analizados pueden modificarse fácilmente para maximizar las utilidades tomando en consideración los impuestos, incluso cuando los ingresos

son en monedas diferentes. Si r_j es el ingreso por vender una unidad en el mercado j, la función objetivo del modelo de localización de planta con capacidad limitada puede modificarse así:

$$Max \qquad \sum_{j=1}^{m} r_j \sum_{i=1}^{n} x_{ij} - \sum_{i=1}^{n} F_i y_i - \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} c_{ij} x_{ij}$$

Esta función objetivo maximiza las utilidades de la compañía. Al utilizar una función objetivo que maximiza las utilidades, el gerente debe modificar la restricción de la ecuación 5.1 para que quede así:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} \leq D_j \qquad \text{para} \qquad j = 1, \ldots, m \tag{5.18}$$

La restricción de la ecuación 5.18 es más apropiada que la restricción de la ecuación 5.1, ya que permite a quien diseña la red identificar la demanda que puede satisfacerse rentablemente y la demanda que se satisface con pérdidas para la compañía. El modelo de localización de la planta con la ecuación 5.18 en lugar de la ecuación 5.1 y una función objetivo que maximice las utilidades servirá únicamente para la porción de la demanda que es rentable atender. Esto puede resultar en algunos mercados en los que se abandona una parte de la demanda, a menos que la restricción indique lo contrario, ya que no puede atenderse de manera rentable.

Las preferencias y requerimientos del consumidor pueden ser en términos del tiempo de respuesta deseado y la elección del modo o el proveedor del transporte. Por ejemplo, considere dos modos de transportación disponibles entre la localización de la planta i y el mercado j. El modo 1 puede ser por mar y el modo 2 por aire. El modelo se modifica al definir dos variables de decisión distintas x_{ij}^1 y x_{ij}^2 correspondientes a la cantidad enviada desde la localización i al mercado j empleando los modos 1 y 2 de manera respectiva. El tiempo de respuesta deseado empleando cada una de las formas de transporte se considera al permitir envíos sólo cuando el tiempo necesario es menor que el tiempo de respuesta deseado. Por ejemplo, si el tiempo desde la localización i al mercado j empleando el modo 1 (mar) es mucho mayor que lo que es aceptable para el cliente, simplemente debemos eliminar la variable de decisión x_{ij}^1 del modelo de localización de la planta. La opción entre varios proveedores de transporte puede ser modelada de manera similar.

5.5 EL PAPEL DE LA TI EN EL DISEÑO DE LA RED

Aun cuando pudiera parecer a primera vista que la naturaleza estratégica del problema del diseño de la red hace menos valiosos a los sistemas de tecnología de la información, éstos pueden mejorar de manera significativa la capacidad del diseñador de la red. En este capítulo analizamos diversas metodologías en Excel que se utilizan para solucionar problemas de diseño de la red. Aunque los modelos centrales son los mismos, los problemas en la práctica tienden a ser mucho más amplios que los considerados en el capítulo. Para ellos, existen cuatro maneras en que el sistema de TI ayuda con el diseño de la red en relación con el uso de una herramienta de propósito general como Excel.

1. Un buen diseño del sistema de TI para la red hace que el modelaje de los problemas de diseño de la red sea más fácil que con una herramienta de propósito general como Excel. Estas aplicaciones tienen muchas herramientas incorporadas que facilitan una descripción precisa de una gran red de suministro e incorporan características realistas que pueden tomar tiempo y ser difíciles de construir en Excel.
2. Un sistema de TI incluye tecnologías para la optimización del alto desempeño, que presentan una solución de alta calidad para grandes problemas en un tiempo razonable. Aunque la herramienta Solver de Excel puede mejorarse, existen muchos casos en los cuales la magnitud y la complejidad de la optimización requieren un sistema más avanzado del que puede proporcionar una aplicación para diseño de redes.

3. Una buena aplicación para diseño de redes también permite el análisis de varios escenarios condicionales. Dada la incertidumbre asociada con los pronósticos, la capacidad de evaluar los diseños de la red en una diversidad de escenarios es una potente herramienta para el diseñador. A éste puede parecerle mucho más apropiado seleccionar un diseño que dé muy buenos costos en muchos escenarios probables en lugar de uno que sea óptimo en un solo escenario y muy deficiente en otro. La facilidad del modelaje y la rapidez de la solución permiten a una aplicación de diseño facilitar el análisis condicional mucho más que una herramienta de propósito general como Excel.

4. Por último, las aplicaciones para diseño de redes están estructuradas para interactuar de manera fácil con el software de planeación y operación empleado por las compañías, el cual contiene mucha de la información real requerida para el diseño de la red. La facilidad para interaccionar con la fuente de datos acelera la creación y solución de un modelo para el diseño de la red.

Las aplicaciones para diseño de redes con frecuencia son baratas en relación con los otros usos que analizaremos de la TI. A veces llamadas *módulos de la estrategia de cadena de suministro*, con frecuencia se ofrecen gratis con los carísimos módulos de planeación y ejecución. De hecho, muchas compañías tienen los derechos de estos productos sin darse cuenta de ello, como resultado de compras previas de software.

Sin embargo, existen algunas advertencias para emplear los sistemas de TI al diseñar la red. Las decisiones son estratégicas y abarcan muchos factores que son difíciles de cuantificar. Al emplear una herramienta de diseño, es fácil caer en la trampa de permitir que la aplicación tome la decisión sólo con base en los aspectos que son cuantificables. Los factores importantes como la cultura, los aspectos de la calidad de vida y el costo de la coordinación que son difíciles de manejar con la TI pueden ser significativos para tomar la decisión sobre el diseño de la red. Por lo tanto, los factores relevantes no cuantificables deben incluirse con la producción de los sistemas de TI al tomar las decisiones sobre la red.

Las compañías que producen software para el diseño de redes provienen de tres grupos (véase el capítulo 17 para más detalles). El primero lo constituyen grandes jugadores de planeación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés), que ahora dominan el espacio del software de cadena de suministro. Dos gigantes de este grupo son SAP y Oracle. También existen varios vendedores de cadenas de suministro que se han mantenido a pesar de las ganancias en años recientes de los vendedores de ERP. Estas compañías incluyen a i2 Technologies y Manugistics. Por último, existe un grupo de pequeñas compañías como Optiant y SmartOps que se enfocan en exclusiva al diseño de redes o en la estrategia de cadena de suministro. En general, son más consultoras que una casa de software.

En resumen, aunque el diseño de la red es un área que no está tan unida a la TI como muchas otras áreas de la cadena de suministro que aquí se tratan, puede beneficiarse del poder de la TI a un costo relativamente pequeño.

5.6 LA TOMA DE DECISIONES DEL DISEÑO DE LA RED EN LA PRÁCTICA

Los gerentes deben tener presentes los siguientes aspectos al tomar las decisiones sobre el diseño de la red de una cadena de suministro.

No subestimar el tiempo de vida de las instalaciones. Es importante pensar en todas las consecuencias a largo plazo de las decisiones sobre las instalaciones ya que éstas duran mucho tiempo y tienen un impacto duradero en el desempeño de la compañía. Los gerentes deben considerar no sólo la demanda y los costos futuros sino también los escenarios en los cuales la tecnología puede cambiar. De otra manera, las instalaciones se vuelven inservibles al cabo de unos pocos años. Por ejemplo, una compañía de seguros mudó a sus empleados de oficina de una ubicación citadina a una suburbana para reducir los costos. Con la automatización creciente, la necesidad de empleados administrativa desminuyó de manera significativa y a los pocos años la

instalación ya no era necesaria. A la compañía le fue muy difícil vender la instalación, debido a la distancia de las áreas residenciales y aeropuertos.[3] Dentro de la mayoría de las cadenas de suministro, las instalaciones de producción son más difíciles de cambiar que las de almacenamiento. Los diseñadores deben considerar que cualquier fábrica que construyan estará ahí por un periodo largo ya sea de una década o más. Los almacenes o instalaciones de almacenaje, en particular aquellas que no son propiedad de la compañía, pueden cambiarse a menos de un año de haber tomado la decisión.

No restar importancia a las implicaciones culturales. Las decisiones de la red acerca de la localización y el papel de las instalaciones tienen impacto significativo en la cultura de cada instalación y de la empresa. La cultura en la instalación estará influida por otras instalaciones en las inmediaciones, por lo que los diseñadores pueden aprovechar este hecho para influir en el papel de la nueva instalación y en el enfoque de la gente que trabaja ahí. Por ejemplo, cuando Ford Motor Company introdujo el modelo Lincoln Mark VIII, la administración enfrentó un dilema. En esa época, el Mark VIII compartía la plataforma con el Mercury Cougar. Sin embargo, el Mark VIII es parte de la división Lincoln de automóviles de lujo Ford. Ubicar la línea del Mark VIII con el Cougar hubiera tenido ventajas operacionales debido a las partes y procesos compartidos. Sin embargo, Ford decidió ubicar la línea del Mark VIII en la planta de Wixom, Michigan, donde se producían otros autos Lincoln. La principal razón para hacer esto era asegurar que el enfoque de la calidad del Mark VIII fuera congruente con la de los otros autos de lujo Ford que se construían en Wixom.

La localización de las instalaciones tiene un impacto significativo en el grado y forma de la comunicación que se desarrolla en la red de la cadena. Ubicar la instalación lejos de las oficinas centrales probablemente le dará una cultura de autonomía. Esto puede ser beneficioso si la compañía está iniciando una nueva división que necesita funcionar de manera diferente al resto de la compañía. En contraste, ubicar dos instalaciones cerca una de la otra es probable que aliente las comunicaciones entre ellas. La comunicación abundante puede ser muy útil si las decisiones tomadas en una instalación tienen un fuerte impacto en el desempeño de otra.

No pasar por alto los aspectos de calidad de vida. La calidad de vida en la localización de la instalación tiene un impacto significativo en el desempeño debido a que influye en la fuerza laboral disponible y su moral. En muchos casos, la compañía puede estar mejor si selecciona una localización de alto costo que ofrece una mejor calidad de vida. El no hacerlo puede tener graves consecuencias. Por ejemplo, un proveedor de la industria aeroespacial decidió reubicar toda una división a una nueva área con un estándar de vida menor a fin de reducir los costos. Sin embargo, la mayoría del equipo de marketing se rehusó a trasladarse. Como resultado, las relaciones con los clientes se deterioraron y la compañía tuvo una transición muy difícil. El esfuerzo por ahorrar costos dañó a la compañía y redujo de manera efectiva la posición de la compañía como uno de los participantes más importantes en su mercado.[4]

Enfocarse en los aranceles e incentivos fiscales al ubicar las instalaciones. Los gerentes que toman las decisiones sobre la localización de las instalaciones deben considerar los aranceles e incentivos fiscales con sumo cuidado. Al considerar las ubicaciones internacionales, resulta sorprendente la frecuencia con que los incentivos fiscales determinan la elección de la localización, superando a menudo todos los otros factores de costo combinados. Por ejemplo, Irlanda ha desarrollado una gran industria de alta tecnología al atraer a las compañías con impuestos bajos. Incluso dentro de las naciones, los gobiernos locales pueden ofrecer paquetes generosos de impuestos bajos o exenciones y terrenos sin costo cuando las compañías deciden localizar sus instalaciones en su jurisdicción. Toyota, BMW y Mercedes han escogido las ubicaciones de sus instalaciones en Estados Unidos debido en gran parte a los incentivos fiscales ofrecidos por los diferentes estados.

---

[3] Charles F. Hading, "Quantifying Abstract Factors in Facility-Location Decisions", *Industrial Development,* mayo-junio de 1988, p. 24

[4] *Idem*.

5.7 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender el papel del diseño de la red en una cadena de suministro.
   Las decisiones de diseño de la red incluyen identificar los papeles de las instalaciones, ubicaciones y capacidades como también asignar los mercados que deberán atender. Estas decisiones definen las restricciones físicas dentro de las cuales la red debe operar conforme cambien las condiciones del mercado. Las buenas decisiones incrementan las utilidades de la cadena de suministro, mientras que las malas las dañan.
2. Identificar los factores que influyen en las decisiones de diseño de la red de la cadena de suministro.
   Hablando en términos generales, las decisiones de diseño de la red se ven influidas por los factores estratégicos, tecnológicos, macroeconómicos, políticos, de infraestructura, competitivos y operacionales.
3. Desarrollar un marco para tomar decisiones sobre el diseño de la red.
   La meta del diseño de una red es maximizar la rentabilidad a largo plazo de la cadena de suministro. El proceso inicia por la definición de la estrategia de la cadena, la cual debe alinearse con la estrategia competitiva de la compañía. La estrategia de la cadena, la demanda regional, los costos, la infraestructura y el ambiente competitivo se emplean para definir la configuración regional de las instalaciones. Para las regiones donde se localizarán las instalaciones, los sitios potencialmente atractivos se seleccionan con base en la infraestructura disponible. La configuración óptima se determina a partir de los sitios potenciales empleando la demanda, el costo de logística, los costos de los factores y los márgenes de los diferentes mercados.
4. Emplear la optimización para las decisiones de localización de las instalaciones y asignación de la capacidad.
   Los modelos de gravedad en localización identifican la localización que minimiza los costos de transporte entrantes y salientes. Es sencillo implementarlos, pero no toman en consideración otros costos importantes. Los modelos de optimización en redes pueden incluir costos por márgenes de contribución, impuestos, aranceles, producción, transporte e inventario para utilizarlos en la maximización de la rentabilidad. Estos modelos son útiles para determinar la localización de las instalaciones y asignar la capacidad y los mercados a las instalaciones.

Preguntas de discusión

1. ¿Cómo afectan la localización y el tamaño de los almacenes el desempeño de una compañía como Amazon.com? ¿Qué factores debe tomar en consideración Amazon.com al tomar esta decisión?
2. ¿Cómo afectan los impuestos y los tipos de cambio la decisión sobre la localización en la cadena de suministro?
3. ¿Cuáles son los papeles que desempeñan las instalaciones de producción dentro de la red global?
4. Amazon.com ha construido nuevos almacenes conforme ha crecido. ¿Cómo afecta este cambio los diversos costos y tiempos de respuesta de su cadena de suministro?
5. McMaster-Carr vende equipo de mantenimiento, reparación y operación desde cinco almacenes en Estados Unidos. W.W. Grainger vende los productos desde más de 350 puntos de venta, apoyados por varios almacenes. En ambos casos, los clientes colocan los pedidos por medio de la Web o del teléfono. Analice las ventajas y desventajas de las dos estrategias.
6. Considere una compañía como Dell, con pocas instalaciones de producción en el mundo. Enumere las ventajas y desventajas de este método y por qué podría ser adecuado o no para la industria de la computación.
7. Considere una compañía como Ford, con más de 150 instalaciones en el mundo. Enumere las ventajas y desventajas de tener muchas instalaciones y por qué esta estrategia podría ser adecuada o no para la industria automotriz.

Ejercicios

1. SC Consulting, una compañía de consultoría de cadena de suministro, debe decidir dónde localizar sus oficinas centrales. Sus clientes se ubican principalmente en los 16 estados que se enumeran en la tabla 5-5. Existen cuatro sitios potenciales para sus oficinas: Los Ángeles, Tulsa, Denver y Seattle. El costo fijo anual de ubicar una oficina en Los Ángeles es 165,428 dólares, en Tulsa es de 131,230 dólares, en Denver es de 140,000 dólares y en Seattle es de 145,000 dólares. El número esperado de viajes a cada estado y los costos de cada sitio potencial se muestran en la tabla 5-5.

TABLA 5-5 Costos de viaje y número de viajes para SC Consulting

	Costos de viaje ($)				
Estado	*Los Ángeles*	*Tulsa*	*Denver*	*Seattle*	*Número de viajes*
Washington	150	250	200	25	40
Oregon	150	250	200	75	35
California	75	200	150	125	100
Idaho	150	200	125	125	25
Nevada	100	200	125	150	40
Montana	175	175	125	125	25
Wyoming	150	175	100	150	50
Utah	150	150	100	200	30
Arizona	75	200	100	250	50
Colorado	150	125	25	250	65
Nuevo México	125	125	75	300	40
Dakota del Norte	300	200	150	200	30
Dakota del Sur	300	175	125	200	20
Nebraska	250	100	125	250	30
Kansas	250	75	75	300	40
Oklahoma	250	25	125	300	55

Se espera que cada consultor viaje cuando mucho 25 veces al año.

(a) Si no hay restricciones sobre el número de consultores en un sitio y el objetivo es minimizar los costos, ¿dónde deberían estar ubicadas las oficinas centrales y cuántos consultores deberían estar asignados a cada oficina? ¿Cuál es el costo anual en términos de la instalación y del viaje?

(b) Si, cuando mucho, se asignan 10 consultores a la oficina central, ¿dónde deberían establecerse las oficinas? ¿Cuántos consultores se deben asignar a cada oficina? ¿Cuál es el costo anual de esta red?

(c) ¿Qué piensa acerca de una política por la cual todos los proyectos de consultoría de un estado deben asignarse a las oficinas centrales? ¿Cuánto agregará esta política al costo en comparación con permitir que múltiples oficinas manejen un solo estado?

2. DryIce, Inc. es un fabricante de aparatos de aire acondicionado que está viendo crecer su demanda de manera significativa. La compañía prevé que la demanda para el año 2008 será de 180,000 unidades en el sur, 120,000 en el medio oeste, 110,000 en el este y 100,000 en el oeste. Los gerentes de Dry-Ice están diseñando una red de manufactura y han seleccionado cuatro sitios potenciales: Nueva York, Atlanta, Chicago y San Diego. Las plantas pueden tener una capacidad de 200,000 o 400,000 unidades. Los costos fijos anuales de las cuatro ubicaciones se muestran en la tabla 5-6, junto con el costo de

TABLA 5-6 Costos de producción y transporte de DryIce, Inc.

	Nueva York	*Atlanta*	*Chicago*	*San Diego*
Costo fijo anual de la planta de 200,000	$6 millones	$5.5 millones	$5.6 millones	$6.1 millones
Costo fijo anual de la planta de 400,000	$10 millones	$9.2 millones	$9.3 millones	$10.2 millones
Este	$211	$232	$238	$299
Sur	$232	$212	$230	$280
Medio oeste	$240	$230	$215	$270
Oeste	$300	$280	$270	$225

TABLA 5-7 Capacidad, demanda y costos de producción y transporte de Sunchem

	América del Norte	*América del Sur*	*Europa*	*Japón*	*Asia*	*Capacidad Tons/año*	*Producción Costo/Ton*
Estados Unidos	600	1,200	1,300	2,000	1,700	185	$10,000
Alemania	1,300	1,400	600	1,400	1,300	475	15,000 marcos
Japón	2,000	2,100	1,400	300	900	50	1,800,000 yenes
Brasil	1,200	800	1,400	2,100	2,100	200	13,000 reales
India	2,200	2,300	1,300	1,000	800	80	400,000 rupias
Demanda (tons/año)	270	190	200	120	100		

TABLA 5-8 Tipos de cambio previstos para 2008

	US$	*Marco*	*Yen*	*Real*	*Rupia*
US$	1.000	1.993	107.7	1.78	43.55
Marco	0.502	1	54.07	0.89	21.83
Yen	0.0093	0.0185	1	0.016	0.405
Real	0.562	1.124	60.65	1	24.52
Rupia	0.023	0.046	2.47	0.041	1

producir y enviar un equipo de aire acondicionado a cada uno de los cuatro mercados. ¿Dónde debe construir DryIce sus fábricas y qué tan grandes deben ser?

3. Sunchem, un fabricante de tintas para impresión, tiene cinco plantas manufactureras en todo el mundo. Sus ubicaciones y capacidades se muestran en la tabla 5-7 junto con el costo de producir 1 tonelada de tinta en cada una. Los costos de producción están en la moneda local del país donde se localiza la planta. Los principales mercados de las tintas son América del Norte, América del Sur, Europa, Japón y el resto de Asia. La demanda de cada mercado se muestra en la tabla 5-7. También, se muestran ahí los costos de transporte de cada planta a cada mercado en dólares estadounidenses. La administración debe trazar un plan de producción para 2008.
   (a) Si se esperan tipos de cambio como los que se muestran en la tabla 5-8 y ninguna planta puede funcionar por debajo de 50% de su capacidad, ¿cuánto debe producir cada planta y cuáles mercados deberá atender cada una?
   (b) Si no existen límites sobre la cantidad producida en una planta, ¿cuándo deberá producir cada una?
   (c) Si se agregan 10 toneladas de capacidad a cualquiera de las plantas, ¿podrían reducirse los costos?
   (d) ¿Debe Sunchem tomar en cuenta el hecho de que los tipos de cambio fluctúan con el tiempo?
4. Sleekfon y Sturdyfon son dos importantes fabricantes de teléfonos móviles que en fecha reciente se fusionaron. Los tamaños de sus mercados actuales se muestran en la tabla 5-9. Toda la demanda es en millones de unidades.

TABLA 5-9 Demanda global e impuestos de Sleekfon y Sturdyfon

Mercado	*América de Norte*	*América del Sur*	*Europa (UE)*	*Europa (No UE)*	*Japón*	*Resto de Asia/ Australia*	*África*
Demanda de Sleekfon	10	4	20	3	2	2	1
Demanda de Sturdyfon	12	1	4	8	7	3	1
Derechos de importación	3	20	4	15	4	22	25

TABLA 5-10 Capacidades y costos de las plantas de Sleekfon y Sturdyfon

		Capacidad	*Costo fijo/año*	*Costo variable/unidad*
Sleekfon	Europa (UE)	20	100	6.0
	América del Norte	20	100	5.5
	América del Sur	10	60	5.3
Sturdyfon	Europa (UE)	20	100	6.0
	América del Norte	20	100	5.5
	Resto de Asia	10	50	5.0

Sleekfon tiene tres instalaciones de producción en Europa (UE), América del Norte y América del Sur. Sturdyfon también tiene tres instalaciones de producción en Europa (UE), América del Norte y el resto de Asia. La capacidad (en millones de unidades), el costo fijo anual (en millones de dólares) y los costos variables de producción ($ por unidad) de cada planta se muestran en la tabla 5-10.

Los costos de transporte entre las regiones se presentan en la tabla 5-11. Todos los costos se muestran en $ dólares/por unidad.

Los impuestos se aplican a cada unidad con base en el costo fijo por capacidad unitaria, costo variable por unidad y costo de transporte. Por tanto, una unidad enviada en la actualidad desde América del Norte hasta África tiene un costo fijo por unidad de capacidad de 5.00 dólares, un costo variable de producción de 5.50 dólares y un costo de transporte de 2.20 dólares. Un impuesto de importación de 25% se aplica sobre 12.70 dólares (5.00 + 5.50 + 2.20) para dar un costo total de importación de 15.90 dólares. En las preguntas siguientes, suponga que la demanda del mercado es la que se muestra en la tabla 5-9.

La compañía fusionada ha estimado que reducir una planta de 20 millones de unidades a 10 millones ahorra 30% en costos fijos. Los costos variables permanecen constantes. Cerrar una planta (ya sea de 10 millones o 20 millones de unidades) ahorra 80% en costos fijos. Éstos se recuperan de manera parcial debido a la indemnización por despido y a otros costos asociados con el cierre.

(a) ¿Cuál es el menor costo posible de la red de producción y distribución antes de la fusión? ¿Qué plantas atienden qué mercados?
(b) ¿Cuál es el menor costo posible de la red de producción y distribución después de la fusión si no se cierra ninguna de las plantas? ¿Qué plantas atienden qué mercados?
(c) ¿Cuál es el menor costo posible de la red de producción y distribución después de la fusión si se pueden recortar o cerrar plantas en tandas de 10 millones de unidades de capacidad? ¿Qué plantas atienden qué mercados?

TABLA 5-11 Costos de transporte entre las regiones ($ por unidad)

	América de Norte	*América del Sur*	*Europa (UE)*	*Europa (No UE)*	*Japón*	*Resto de Asia/ Australia*	*África*
América del Norte	1.00	1.50	1.50	1.80	1.70	2.00	2.20
América del Sur	1.50	1.00	1.70	2.00	1.90	2.20	2.20
Europa (UE)	1.50	1.70	1.00	1.20	1.80	1.70	1.40
Europa (No UE)	1.80	2.00	1.20	1.00	1.80	1.60	1.50
Japón	1.70	1.90	1.80	1.80	1.00	1.20	1.90
Resto de Asia/ Australia	2.00	2.20	1.70	1.60	1.20	1.00	1.80
África	2.20	2.20	1.40	1.50	1.90	1.80	1.00

(d) ¿Cómo se ve afectada la configuración de la red óptima si todos los impuestos se reducen a 0?
(e) ¿Cómo debe configurarse la red fusionada?

5. Regrese a los datos de Sleekfon y Sturdyfon del ejercicio 4. La administración ha estimado que es probable que la demanda de los mercados globales crezca. América del Norte, Japón y Europa (UE) están relativamente saturadas y no se espera que crezcan. Los mercados de América del Sur, África y Europa (no UE) probablemente crezcan 20%. El resto de Asia/Australia se espera que crezca 200%.
   (a) ¿Cómo debe configurar la compañía fusionada su red para atender el crecimiento previsto? ¿Cuál es el costo anual de operar la red?
   (b) Existe una opción para agregar capacidad a la planta en el Resto de Asia/Australia. Agregar 10 millones de unidades de capacidad incurre en un costo fijo adicional de 40 millones de dólares por año. Agregar 20 millones de unidades incurre en un costo fijo adicional de 70 millones de dólares por año. Si los costos de cierre e impuestos son como en el ejercicio 4, ¿cómo debe configurar su red la compañía para atender el crecimiento previsto? ¿Cuál es el costo anual de operar la nueva red?
   (c) Si todos los impuestos se reducen a 0, ¿cómo cambiaría su respuesta al ejercicio 5(b)?
   (d) ¿Cómo debe configurarse la red fusionada, dada la opción de agregar capacidad a la planta del resto de Asia/Australia?
6. StayFresh, un fabricante de refrigeradores en la India, tiene dos plantas, una en Mumbai y la otra en Chennai. Cada planta tiene una capacidad de 300,000 unidades. Las dos plantas atienden a todo el país, el cual se divide en cuatro mercados regionales: el norte, con una demanda de 100,000 unidades; el oeste, con una demanda de 150,000 unidades; el sur, con una demanda de 150,000 unidades; y el este, con una demanda de 50,000 unidades. Otros dos posibles sitios para construir plantas son Delhi y Kolkata. Los costos variables de producción y transporte (en miles de rupias; 1 dólar vale cerca de 45 rupias) por refrigerador desde cada sitio de producción potencial a cada mercado se muestran en la tabla 5-12.

   StayFresh prevé un crecimiento compuesto de la demanda de 20% anual en los siguientes cinco años y planea sus decisiones de inversión en la red. Se espera que la demanda se estabilice después de cinco años de crecimiento. La capacidad puede agregarse en incrementos de 150,000 o 300,000 unidades. Agregar 150,000 unidades de capacidad incurre en un costo único de 2 mil millones de rupias, mientras que agregar 300,000 unidades de capacidad incurre en un costo único de 3,400 millones de rupias. Suponga que StayFresh planea satisfacer toda la demanda (los precios son suficientemente altos) y que la capacidad para cada año debe estar lista al principio del año. También suponga que el costo para el quinto año continuará por los siguientes 10 años, esto es, los años 6 al 15. El problema ahora puede ser resuelto mediante diferentes factores de descuento. Para empezar, suponga un factor de descuento de 0.2, esto es, 1 rupia gastada el siguiente año vale $1 - 0.2 = 0.8$ rupias este año.
   (a) ¿Cómo debe evolucionar la red de producción de la compañía durante los siguientes cinco años?
   (b) ¿Cómo cambiaría su respuesta si el crecimiento previsto fuera de 15%? ¿25%?
   (c) ¿Cómo cambiaría su decisión con un factor de descuento de 0.25? ¿0.15?
   (d) ¿Qué estrategia de inversión recomendaría a la compañía?
7. Blue Computers, un fabricante de computadoras en Estados Unidos, en la actualidad tiene plantas en Kentucky y Pennsylvania. La primera tiene una capacidad de 1 millón de unidades al año y la segunda tiene una capacidad de 1.5 millones de unidades por año. La empresa divide a Estados Unidos en

TABLA 5-12 Costos de producción y transporte (miles de rupias) por refrigerador

	Norte	*Este*	*Oeste*	*Sur*
Chennai	20	19	17	15
Delhi	15	18	17	20
Kolkata	18	15	20	19
Mumbai	17	20	15	17

TABLA 5-13 Costos variables de producción y envío para Blue Computers

	Costos variables de producción y envío ($/unidad)					*Costo fijo anual (millones $)*
	Noreste	*Sureste*	*Medio oeste*	*Sur*	*Oeste*	
Kentucky	185	180	175	175	200	150
Pennsylvania	170	190	180	200	220	200
Carolina del Norte	180	180	185	185	215	150
California	220	220	195	195	175	150
Demanda (miles de unidades/mes)	700	400	400	300	600	

cinco mercados: noreste, sureste, medio oeste, sur y oeste. Cada computadora personal se vende en 1,000 dólares. La compañía espera un crecimiento de 50% en la demanda (en cada región) este año (después del cual la demanda se estabilizará) y quiere construir una planta con capacidad de 1.5 millones de unidades por año para adaptarse al crecimiento. Los posibles sitios que se están considerando son Carolina del Norte y California. En la actualidad, la compañía paga impuestos federales, estatales y locales sobre el ingreso de cada planta. Los impuestos federales son 20% del ingreso y los impuestos estatales y locales son 7% del ingreso en cada estado. El estado de Carolina del Norte ha ofrecido reducir los impuestos en los siguientes 10 años de 7 a 2%. A Blue Computers le gustaría considerar la reducción fiscal al planear su red. Considere en el análisis el ingreso de los siguientes 10 años. Suponga que todos los costos permanecerán constantes durante los 10 años. Emplee un factor de descuento de 0.1 en el análisis. Los costos fijos anuales, los costos de producción y envío por unidad y la demanda regional actual (antes de 50% de crecimiento) se muestran en la tabla 5-13.

(a) Si Blue Computers establece el objetivo de minimizar los costos fijos y variables totales, ¿dónde debe construir la nueva planta? ¿Cómo debe estructurarse la red?

(b) Si Blue Computers establece el objetivo de maximizar las utilidades después de impuestos, ¿dónde debe construir la nueva planta? ¿Cómo debe estructurarse la red?

8. Hot&Cold y CaldoFreddo son dos fabricantes europeos de aparatos electrodomésticos que se han fusionado. El primero tiene plantas en Francia, Alemania y Finlandia, mientras que el segundo las tiene en el Reino Unido e Italia. El mercado europeo se divide en cuatro regiones: Norte, Este, Oeste y Sur. Las capacidades de la planta (millones de unidades por año), los costos fijos anuales (millones de euros por año), la demanda regional (millones de unidades) y los costos variables de producción y transporte (euros por unidad) se muestran en la tabla 5-14.

   Cada aparato se vende en promedio en 300 euros. Todas las plantas son tratadas en la actualidad como centros de utilidades y la compañía paga impuestos de manera separada por cada una. Las tasas impositivas en los diversos países son las siguientes: Francia, 0.25; Alemania, 0.25; Finlandia, 0.3; Reino Unido, 0.2; Italia, 0.35.

TABLA 5-14 Capacidad, costo y demanda de Hot&Cold y CaldoFreddo

		Costos variables de producción y envío					*Costo fijo anual*
		Norte	*Este*	*Sur*	*Oeste*	*Capacidad*	
Hot&Cold	Francia	100	110	105	100	50	1,000
	Alemania	95	105	110	105	50	1,000
	Finlandia	90	100	115	110	40	850
Demanda		30	20	20	35		
CaldoFreddo	Reino Unido	105	120	110	90	50	1,000
	Italia	110	105	90	115	60	1,150
Demanda		15	20	30	20		

(a) Antes de la fusión, ¿cuál es la red óptima de cada una de las compañías, si su meta es minimizar los costos? ¿Cuál es la red óptima si la meta es maximizar las utilidades después de impuestos?
(b) Después de la fusión, ¿cuál es la configuración de costo mínimo, si ninguna de las plantas se cierra? ¿Cuál es la configuración que maximiza las utilidades después de impuestos, si ninguna de las plantas se cierra?
(c) Después de la fusión, ¿cuál es la configuración de costo mínimo si las plantas pueden cerrarse (suponga que el cierre ahorra 100% del costo anual fijo de la planta)? ¿Cuál es la configuración que maximiza las utilidades después de impuestos?

Bibliografía

Anderson, Kenneth E., Daniel P. Murphy y James M. Reeve, "Smart Tax Planning for Supply Chain Facilities", *Supply Chain Management Review,* noviembre-diciembre de 2002, pp. 46-52.

Ballou, Ronald H., *Business Logistics Management,* Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1999.

Daskin, Mark S., *Network and Discrete Location,* Nueva York, Wiley, 1995.

Ferdows, Kasra, "Making the Most of Foreign Factories", *Harvard Business Review,* marzo-abril de 1997, pp. 73-88.

Harding, Charles F., "Quantifying Abstract Factors in Facility-Location Decisions", *Industrial Development,* mayo-junio de 1988, p. 24.

Korpela, Jukka, Antti Lehmusvaara y Markku Tuominen, "Customer Service Based Design of the Supply Chain", *International Journal of Production Economics,* 2001, 69, pp. 193-204.

MacCormack, Alan D., Lawrence J. Newman III y Donald B. Rosenfield, "The New Dynamics of Global Manufacturing Site Location", *Sloan Management Review,* verano de 1994, pp. 69-79.

Note on Facility Location, Harvard Business School Note 9-689-059, 1989.

Robeson, James F. y William C. Copacino, eds., *The Logistics Handbook,* Nueva York, Free Press, 1994.

Tayur, Sridhar, Ram Ganeshan y Michael Magazine, eds., *Quantitative Models for Supply Chain Management,* Boston, Kluwer Academic Publishers, 1999.

Tirole, Jean, *The Theory of Industrial Organization,* Cambridge, MA, The MIT Press, 1997.

ESTUDIO DE CASO



ADMINISTRACIÓN DEL CRECIMIENTO EN SPORTSTUFF.COM

En diciembre de 2000, Sanjay Gupta y su equipo administrativo estaban ocupados evaluando el desempeño del año anterior de SportStuff.com. La demanda había crecido 80%; sin embargo, esto tenía sus ventajas y desventajas. Los accionistas estaban muy complacidos con el crecimiento de las ventas y el resultante incremento en los ingresos. Sanjay y su equipo, sin embargo, podían ver con claridad que los costos se incrementarían con mayor rapidez que los ingresos, si la demanda continuaba creciendo y no se rediseñaba la red de la cadena de suministro. Por ello, decidieron analizar el desempeño de la red actual para ver cómo podría rediseñarse para enfrentar mejor el rápido crecimiento previsto para los siguientes tres años.

SPORTSTUFF.COM

Sanjay Gupta fundó SportStuff.com en 1996 con la misión de ofrecer a los padres el equipo deportivo más asequible para sus hijos. Los papás se quejaban de que tenían que desechar los costosos patines, esquís, chalecos y zapatos debido a que ya no les quedaban a los niños porque éstos crecían rápidamente. El plan inicial de Sanjay era que la compañía comprara el equipo y los chalecos usados a las familias así como los excedentes de equipo de los fabricantes y minoristas, y venderlos por Internet. La idea fue muy bien recibida en el mercado, la demanda creció rápidamente y para el final de 1996, la compañía tenía ventas por 0.8 millones. Para ese momento la compañía vendía una variedad de productos nuevos y usados y recibió apoyo significativo de capital de riesgo.

En junio de 1996, Sanjay arrendó parte de un almacén en las afueras de Saint Louis para manejar la gran cantidad de productos que vendía. Los proveedores enviaban su producto al almacén. Los pedidos de los clientes se empacaban y se enviaban por mensajería exprés mediante UPS desde ahí. Conforme la demanda creció, SportStuff.com arrendó más espacio dentro del almacén. Para 1999, SportStuff.com arrendó todo el almacén y los pedidos se enviaban a clientes en todo Estados Unidos. La administración dividió al país en seis zonas para efectos de planeación. La demanda de cada zona en 1999 se muestra en la tabla 5-15. Sanjay estimó que en los siguientes tres años vería una tasa de crecimiento de cerca de 80% por año, después de lo cual se nivelaría.

LAS OPCIONES DE LA RED

Sanjay y su equipo administrativo comprendían que necesitaban más espacio de almacenaje para enfrentar el crecimiento previsto. Una opción era arrendar más espacio en la misma ciudad de Saint Louis. Otras opciones incluían arrendar almacenes en todo el país, lo que implicaba costos fijos basados en el tamaño del almacén y costos variables que dependían de la cantidad enviada a través del almacén. Se identificaron cuatro posibles localizaciones de los almacenes en Denver, Seattle, Atlanta y Filadelfia. Los almacenes podrían ser pequeños (cerca de 9,290 m^2) o grandes (18,580 m^2). Los almacenes pequeños podrían manejar un flujo de hasta 2 millones de unidades por año, mientras que los almacenes grandes podrían manejar un flujo de hasta 4 millones de unidades por año. El almacén actual es pequeño. Los costos fijos y variables de los almacenes pequeños y grandes en las diferentes ciudades se muestran en la tabla 5-16.

TABLA 5-15 Demanda regional de SportStuff.com para 1999

Zona	*Demanda en 1999*	*Zona*	*Demanda en 1999*
Noreste	320,000	Medio oeste inferior	220,000
Sureste	200,000	Noreste	350,000
Medio oeste superior	160,000	Sureste	175,000

TABLA 5-16 Costos fijos y variables de los posibles almacenes

	Almacén pequeño		*Almacén grande*	
Localización	*Costo fijo ($/año)*	*Costo variable ($/unidad)*	*Costo fijo ($/año)*	*Costo variable ($/unidad)*
Seattle	300,000	0.20	500,000	0.2
Denver	250,000	0.20	420,000	0.2
St. Louis	220,000	0.20	375,000	0.2
Atlanta	220,000	0.20	375,000	0.2
Filadelfia	240,000	0.20	400,000	0.2

TABLA 5-17 Costo de UPS por envío (cuatro unidades)

	Noroeste	*Suroeste*	*Medio oeste superior*	*Medio oeste inferior*	*Noreste*	*Sureste*
Seattle	$2.00	$2.50	$3.50	$4.00	$5.00	$5.50
Denver	$2.50	$2.50	$2.50	$3.00	$4.00	$4.50
St. Louis	$3.50	$3.50	$2.50	$2.50	$3.00	$3.50
Atlanta	$4.00	$4.00	$3.00	$2.50	$3.00	$2.50
Filadelfia	$4.50	$5.00	$3.00	$3.50	$2.50	$4.00

Sanjay estimó que los costos de mantener el inventario en el almacén (excluyendo los gastos del almacén) eran de cerca de 600 dólares $\sqrt{F}$, donde F es el número de unidades que fluyen a través del almacén por año. Por tanto, un almacén que maneja 1,000,000 unidades por año incurre en un costo de mantenimiento del inventario de 600,000 dólares en el transcurso de un año. Si su versión de Excel tiene problemas para resolver funciones objetivas no lineales, utilice los siguientes costos de inventario:

Rango de F	**Costo del inventario**
0-2 millones	$250,000 + 0.310$F$
2-4 millones	$530,000 + 0.170$F$
4-6 millones	$678,000 + 0.133$F$
Más de 6 millones	$798,000 + 0.113$F$

Si puede manejar un solo costo de inventario lineal, deberá emplear 475,000 dólares + 0.165F.

SportStuff.com cobraba una tarifa fija de 3 dólares por embarque enviado al cliente. El pedido promedio del cliente contenía cuatro unidades. SportStuff contrató el servicio de mensajería exprés de UPS para manejar todos sus envíos. Los cargos se basaban tanto en el origen como en el destino del envío y se muestran en la tabla 5-17. La administración estimó que era probable que los costos de transporte entrante de los envíos realizados por los proveedores permanecieran sin cambio, sin importar la configuración de almacén que se seleccionara.

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es el costo en el que incurre SportStuff.com, si todos los almacenes se arriendan en Saint Louis?
2. ¿Cuál es la configuración de la cadena de suministro que le recomendaría a SportStuff.com?

CAPÍTULO 6

DISEÑO DE REDES EN UN AMBIENTE DE INCERTIDUMBRE

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Identificar las incertidumbres que influyen en el desempeño de la cadena de suministro y en el diseño de la red.
2. Entender las metodologías empleadas para evaluar las decisiones sobre el diseño de la cadena de suministro bajo incertidumbre.
3. Analizar las decisiones de diseño de una red en un ambiente de incertidumbre.

En los capítulos anteriores hemos recalcado que las decisiones sobre el diseño de la red tienen impacto a largo plazo sobre el desempeño de la cadena de suministro. Como resultado, los gerentes deben considerar las incertidumbres de la demanda, macroeconómicas y financieras a largo plazo al diseñar la cadena. En este capítulo analizamos las metodologías que se emplean para evaluar las decisiones de diseño de la red bajo incertidumbre y cómo mejorarlas.

6.1 IMPACTO DE LA INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO DE LA RED

Las decisiones sobre el diseño de la cadena de suministro, como el número y el tamaño de las plantas a construir, el tamaño y el alcance del sistema de distribución y si comprar o arrendar las instalaciones a utilizar, suponen una inversión significativa. Estas decisiones, una vez que se toman, no pueden alterarse en el corto plazo, permanecen en vigor varios años y definen las restricciones dentro de las cuales la cadena deberá competir. Por tanto, es importante que sean evaluadas con suma precisión.

Durante la vida de una cadena, la compañía experimenta fluctuaciones en la demanda, los precios, los tipos de cambio y el ambiente competitivo. Una decisión que parece acertada en el ambiente actual podría no serlo en otro. Por ejemplo, los contratos a largo plazo para almacenar son más atractivos si la demanda y el precio del almacén no cambian en el futuro o si sube el precio de los almacenes. En contraste, el contrato a corto plazo es más atractivo si la demanda o el precio del almacén cae en el futuro. El grado de incertidumbre de la demanda y el precio tienen una influencia significativa en el portafolio apropiado de espacio de almacenamiento a largo y a corto plazo que la compañía debe tener.

La incertidumbre de la demanda y el precio influye en el valor de construir una capacidad de producción flexible en la planta. Si el precio y la demanda varían con el tiempo en la red global, la capacidad de producción flexible puede reconfigurarse para maximizar las utilidades en el nuevo ambiente. A finales de la década de los noventa, Toyota flexibilizó sus plantas de ensamblaje para que cada una pudiera abastecer múltiples mercados. Uno de los principales beneficios de la flexibilidad es que le permitió reaccionar a las fluctuaciones en la demanda, los

tipos de cambio y los precios locales al modificar la producción para maximizar las utilidades. Una compañía puede decidir construir una cadena de suministro global flexible incluso en presencia de poca incertidumbre en la demanda o la oferta, si existe incertidumbre en los tipos de cambio o los precios. Así, la incertidumbre de la oferta, la demanda y financiera deben ser consideradas al tomar decisiones sobre el diseño de la cadena.

En la siguiente sección analizamos una metodología para evaluar cualquier decisión sobre la cadena que estará en vigor un largo tiempo.

6.2 ANÁLISIS DEL FLUJO DE EFECTIVO DESCONTADO

Las decisiones sobre el diseño de la cadena deben ser evaluadas como una secuencia de flujos de efectivo durante el tiempo que estarán en vigor. El valor presente de una serie de flujos de efectivo es lo que vale el flujo en dólares actuales. El análisis del *flujo de efectivo descontado* (FED) evalúa el valor presente de cualquier flujo de efectivo futuro y permite a la administración comparar dos flujos de efectivo en términos de su valor financiero. El análisis del FED se basa en la premisa fundamental de que "un dólar hoy vale más que un dólar mañana", ya que puede ser invertido y ganar un rendimiento adicional. Esta premisa proporciona la herramienta básica para comparar el valor relativo de los flujos de efectivo futuros que llegarán durante diferentes periodos.

El valor presente de un flujo de efectivo futuro se calcula empleando un factor de descuento. Si se invierte un dólar hoy y se gana una tasa de rendimiento k durante el siguiente periodo, la inversión de \$1 hoy generará $1 + k$ dólares en el siguiente periodo. Por tanto a un inversionista le resultará indiferente obtener \$1 en el siguiente periodo o $\$1/(1 + k)$ en el periodo actual. Por tanto, \$1 en el siguiente periodo será descontado por el

$$\text{Factor de descuento} = \frac{1}{1 + k} \qquad \textbf{(6.1)}$$

para obtener su valor presente.

A la tasa de rendimiento k se le conoce también como la tasa de descuento, tasa mínima o costo de oportunidad del capital. Dada una secuencia de flujos $C_0, C_1, \ldots, C_T$ durante los siguientes T periodos y una tasa de rendimiento k, el valor presente neto (VPN) de esta secuencia de flujos de efectivo estará dado por

$$\text{VPN} = C_0 + \sum_{t=1}^{r}\left(\frac{1}{1 + k}\right)^t C_t \qquad \textbf{(6.2)}$$

Cuando se tomen decisiones sobre la cadena, deberá compararse el VPN de diferentes opciones. Un valor negativo del VPN de alguna opción indica que se perderá dinero. La decisión a favor del VPN más alto proporciona a la cadena el rendimiento financiero más alto.

Considere el caso de Trips Logistics, una compañía de terceros logísticos que proporciona almacenaje y otros servicios de logística. El gerente general debe decidir la cantidad de espacio que debe arrendar para el próximo periodo de tres años. Ha pronosticado que la compañía necesitará manejar una demanda de 100,000 unidades en cada uno de los tres años. Históricamente, Trips Logistics ha requerido de 1,000 pies^2 (93 m^2) de espacio de almacenamiento por cada 1,000 unidades de demanda. Para los propósitos de este análisis, el único costo que se considerará es el de almacenaje.

Trips Logistics recibe ingresos de 1.22 dólares por cada unidad de demanda. El gerente debe decidir si firmar un contrato de arrendamiento por tres años o conseguir espacio en el mercado spot cada año. El primero cuesta 1 dólar/pie^2 al año y la tasa del mercado spot se

espera que sea de 1.2 dólares/pie^2 por año en cada uno de los tres años. Trips Logistics tiene una tasa de descuento de $k = 0.1$.

El gerente decide comparar el VPN de firmar un contrato de arrendamiento de un almacén de 100,000 pies^2 por tres años con la obtención del espacio en el mercado spot cada año.

Si obtuviera espacio de almacenamiento cada año en el mercado spot, Trips Logistics ganaría 1.22 dólares por cada unidad y pagaría 1.20 dólares/pies^2 de espacio de almacenamiento requerido. La utilidad anual esperada en este caso se determina de esta manera:

$$\text{Utilidad anual esperada si el espacio de almacenamiento se obtiene en el mercado spot} \\ = 100{,}000 \times \$1.22 - 100{,}000 \times \$1.20 = \$2{,}000$$

Obtener el espacio de almacenamiento en el mercado spot proporciona a Trips Logistics un flujo de efectivo positivo de 2,000 dólares en cada uno de los tres años. El VPN se evalúa de la siguiente manera:

$$\text{VPN(no arrendar)} = C_0 + \frac{C_1}{1+k} + \frac{C_2}{(1+k)^2} = 2{,}000 + \frac{2{,}000}{1.1} + \frac{2{,}000}{1.1^2} = \$5{,}471$$

Si el gerente decide arrendar los 100,000 pies^2 de espacio de almacenamiento durante los siguientes tres años, la compañía pagaría 1 dólar/pie^2 de espacio cada año. La utilidad anual en este caso está dada de la siguiente manera:

$$\text{Utilidad anual esperada por los tres años del arrendamiento} \\ = 100{,}000 \times \$1.22 - 100{,}000 \times \$1.00 = \$22{,}000$$

Firmar un arrendamiento por tres años proporcionaría a la compañía un flujo de efectivo de 22,000 dólares en cada uno de los tres años. El valor presente neto se evalúa con la siguiente fórmula:

$$\text{VPN(arrendar)} = C_0 + \frac{C_1}{1+k} + \frac{C_2}{(1+k)^2} = 22{,}000 + \frac{22{,}000}{1.1} + \frac{22{,}000}{1.1^2} = \$60{,}182$$

El VPN de firmar el arrendamiento es de $60,182 − $5,471 = $54,711 más alto que obtener espacio de almacenamiento en el mercado spot. Con base en este sencillo análisis, el gerente puede optar por firmar el arrendamiento. Sin embargo, esta historia no se termina aquí, puesto que no hemos valorado la gran flexibilidad de ajustarse a la incertidumbre que nos da el mercado spot. Más adelante en el capítulo analizaremos cómo la inclusión de la incertidumbre en la demanda futura y costos puede hacer que el gerente reconsidere la decisión.

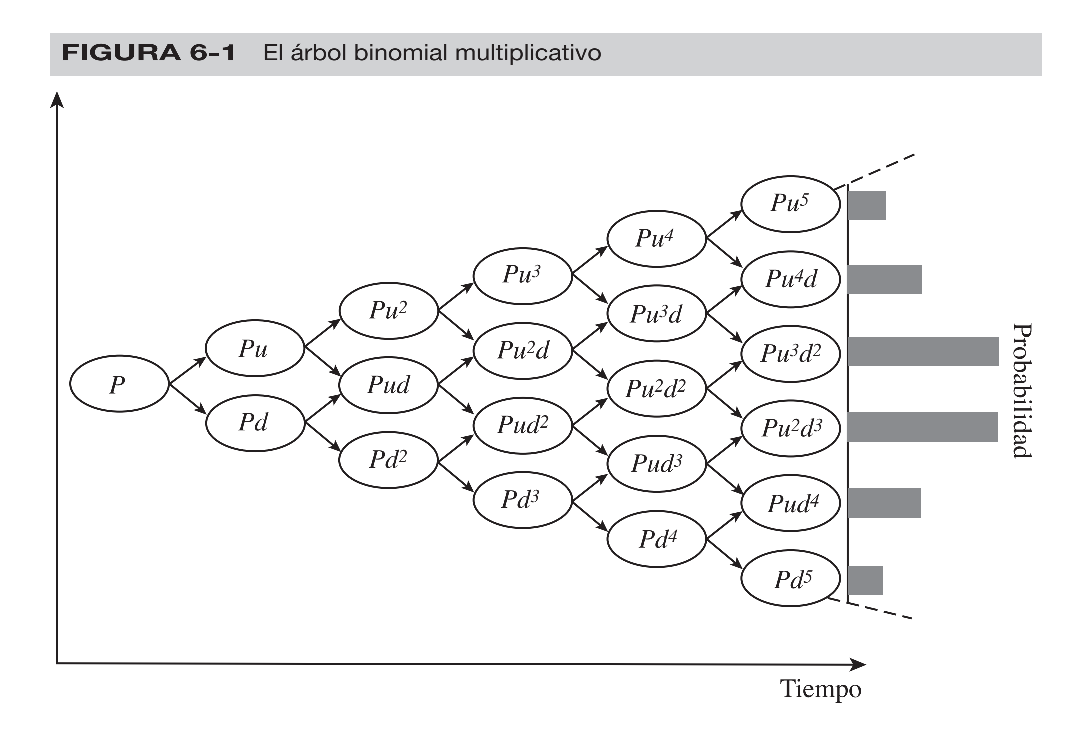
6.3 REPRESENTACIONES DE LA INCERTIDUMBRE

El gerente de Trips Logistics considera que tanto la demanda futura como los precios del mercado spot son predecibles. En realidad, la demanda y los precios son altamente inciertos y es probable que fluctúen durante la vida de cualquier decisión sobre la cadena. Para una cadena de suministro global, los tipos de cambio y la inflación probablemente también varíen con el tiempo en diferentes lugares. Los gerentes de la cadena deben incorporar estas incertidumbres en el momento de tomar las decisiones acerca de la red. A continuación, analizaremos algunos modelos que se pueden emplear para representar la incertidumbre en factores como la demanda, el precio y el tipo de cambio.

REPRESENTACIÓN BINOMIAL DE LA INCERTIDUMBRE

La representación binomial de la incertidumbre se basa en la suposición de que al pasar de un periodo al siguiente, el valor del factor subyacente (como la demanda o el precio) tiene sólo dos

FIGURA 6-1 El árbol binomial multiplicativo



posibles resultados: sube o baja. En la representación binomial multiplicativa comúnmente utilizada se supone que el factor subyacente aumenta por un factor $u > 1$ con la probabilidad p, o disminuye por un factor $d < 1$ con una probabilidad $1 - p$. Dado un precio P en el periodo 0, los posibles resultados en los periodos futuros son los siguientes:

Periodo 1: Pu, Pd
Periodo 2: Pu^2, Pud, Pd^2
Periodo 3: Pu^3, Pu^2d, Pud^2, Pd^3
Periodo 4: $Pu^4, Pu^3d, Pu^2d^2, Pud^3, Pd^4$

En general, el periodo T tiene todos los resultados posibles $Pu^td^{(T-t)}$ para $t = 0, 1, \ldots, T$. Desde una etapa $Pu^ad^{(T-a)}$ en el periodo t, el precio puede moverse ya sea $Pu^{a+1}d^{(T-a)}$ con una probabilidad p o $Pu^ad^{(T-a)+1}$ con una probabilidad $(1 - p)$ en el periodo $t + 1$. Esto se representa con el árbol binomial que se muestra en la figura 6.1.

En el árbol binomial aditivo, se supone que el factor subyacente se incrementa por u en un periodo dado con una probabilidad p y disminuye por d con una probabilidad de $1 - p$. El árbol binomial aditivo tiene las siguientes etapas en un periodo dado:

Periodo 1: $P + u, P - d$
Periodo 2: $P + 2u, P + u - d, P - 2d$
Periodo 3: $P + 3u, P + 2u - d, P + u - 2d, P - 3d$
Periodo 4: $P + 4u, P + 3u - d, P + 2u - 2d, P + u - 3d, P - 4d$

En general, el periodo T tiene todos los resultados posibles $P + tu - (T - t)d$, para $t = 0, 1, \ldots, T$.

El árbol binomial multiplicativo no puede contener valores negativos y se puede usar para factores como la demanda, el precio y los tipos de cambio, que no pueden volverse negativos. También tiene la ventaja de que el crecimiento o decremento de un factor dado es proporcional al valor actual del factor. Por ejemplo, un producto cuyo precio unitario es de 10 dólares es menos probable que tenga una fluctuación de 5 dólares en el precio que uno cuyo precio unitario sea de 100 dólares. Este hecho se capta mejor con el árbol binomial multiplicativo.

Una objeción lógica a ambos árboles binomiales es el hecho de que el factor subyacente toma sólo uno de los dos posibles valores al final de cada periodo. Es cierto que el precio puede cambiar a más de sólo dos valores, pero cuando el periodo es suficientemente corto, la suposición puede estar justificada. El lapso seleccionado depende del factor bajo consideración y de la frecuencia con la cual ocurre la toma de decisión. Por ejemplo, si la decisión se toma cada mes, el periodo no debe ser mayor a un mes. El periodo que es menor a un mes puede justificarse para permitir más de dos resultados al final de cada mes.

Conforme el número de periodos se incrementa, la distribución de probabilidades entre los estados finales del árbol binomial multiplicativo se hace más suave y empieza a parecerse a la distribución normal. Observemos que conforme nos vamos adentrando en el futuro, el rango de posibles resultados se incrementa. Ésta es una propiedad común de toda la distribución binomial y es una suposición razonable para muchos factores como la demanda, el precio o los tipos de cambio.

OTRAS REPRESENTACIONES DE LA INCERTIDUMBRE

En la valuación de las opciones, suele permitirse que el precio del activo subyacente varíe continuamente con el tiempo. Un proceso empleado de manera ordinaria para describir la evolución del precio del activo es el proceso de difusión log-normal. Una característica clave de este proceso es que el precio nunca cae por debajo de cero. Otra característica que es similar a la distribución binomial es que la varianza del precio del activo crece con el tiempo. De hecho, crece proporcionalmente a la extensión del horizonte de tiempo.

Otra representación común de la evolución de un factor financiero es el proceso de reversión medio. La idea aquí es que el factor fluctúa alrededor de una media y experimenta sacudidas. Cuando el factor se desvía, con el tiempo se le obliga a volver a acercarse a la media. Mientras más lejos de la media se desvíe el factor, más fuertemente se le regresa hacia ella.

6.4 EVALUACIÓN DE LAS DECISIONES DEL DISEÑO DE LA RED UTILIZANDO ÁRBOLES DE DECISIÓN

Cuando un gerente diseña una red de cadenas de suministro, toma varias decisiones. Por ejemplo:

- ¿Debe la compañía firmar un contrato a largo plazo para el espacio de almacenaje u obtenerlo en el mercado spot como se vaya necesitando?
- ¿Cuál debe ser la mezcla a largo y a corto plazo en el portafolio de la capacidad de transporte?
- ¿Cuánta capacidad deben tener varias instalaciones? ¿Qué fracción de ésta debe ser flexible?

Si se pasa por alto la incertidumbre, un gerente siempre firmará contratos a largo plazo (ya que por lo general son más baratos) y evitará toda flexibilidad de la capacidad (debido a que es más cara). Sin embargo, tales decisiones pueden perjudicar a la compañía si la demanda o los precios futuros no están pronosticados al momento de tomar la decisión.

Por ejemplo, hasta alrededor de 1990, toda la capacidad de producción en la industria farmacéutica era dedicada, puesto que era más barata que la capacidad flexible, aunque tenía la desventaja de que sólo podía ser empleada con el medicamento para el cual se diseñó. Sin embargo, a las compañías farmacéuticas les ha sido muy difícil pronosticar la demanda y el precio de los medicamentos en el mercado. Por lo tanto, una gran fracción de la capacidad dedicada

puede quedarse sin utilizar si la demanda pronosticada no se concreta. En la actualidad, todas las compañías farmacéuticas tienen la estrategia de llevar un portafolio de capacidad dedicada y flexible. La mayoría de los productos se introducen mediante una instalación flexible y luego se trasladan a una dedicada sólo cuando se dispone de un pronóstico razonablemente preciso de la demanda futura.

Durante el diseño de la red, los gerentes necesitan una metodología que les permita estimar la incertidumbre en su pronóstico de la demanda y el precio y luego incorporarla al proceso de toma de decisiones. Tal metodología es muy importante en las decisiones relacionadas con el diseño de la red, ya que éstas son difíciles de cambiar en el corto plazo. En esta sección describimos dicha metodología y mostramos que tomar en consideración la incertidumbre puede tener impacto significativo en el valor de las decisiones sobre el diseño de la red.

El *árbol de decisión* es un dispositivo gráfico que se emplea para evaluar las decisiones bajo incertidumbre. Los árboles con flujo de efectivo descontados se emplean para evaluar las decisiones de diseño de la cadena de suministro dada la incertidumbre en precios, demanda, tipos de cambio e inflación.

El primer paso para establecer un árbol de decisión es identificar el número de periodos que serán considerados en el futuro para tomar la decisión. El encargado de tomar la decisión también deberá identificar la duración del periodo, el cual podría ser de un día, un mes, un trimestre o cualquier otro lapso. La duración deberá ser el periodo mínimo en el cual los factores que afectan las decisiones podrían cambiar en grado *significativo*. "Significativo" es difícil de definir, pero en la mayoría de los casos es apropiado emplear la duración en la cual un plan agregado se mantiene como un periodo. Si la planeación se realiza de manera mensual, establecemos la duración del periodo en un mes. En el siguiente análisis, T representará el número de periodos sobre los cuales la decisión de la cadena es evaluada.

El siguiente paso es identificar los factores que afectarán el valor de la decisión y que probablemente fluctúen en los siguientes T periodos. Estos factores incluyen la demanda, el precio, el tipo de cambio y la inflación entre otros. Habiendo detectado los factores clave, es necesario identificar las distribuciones de probabilidad que definen la fluctuación de cada factor de un periodo al otro. Si, por ejemplo, la demanda y el precio se identifican como los dos factores clave que afectan la decisión, la probabilidad de moverse de un valor dado de la demanda y precio en un periodo a otro valor de la demanda y precio en el siguiente periodo se debe definir.

A continuación se identifica una tasa de descuento periódica k con el fin de aplicarla a los flujos de efectivo futuros. No es esencial que la misma tasa aplique a cada periodo o incluso en cada nodo del periodo. La tasa de descuento debe tomar en consideración el riesgo inherente asociado con la inversión. En general, una tasa de descuento más alta debe aplicarse a las inversiones de mayor riesgo.

Ahora se evalúa la decisión recurriendo a un árbol de decisión, el cual incluye los T periodos presentes y futuros. Dentro de cada periodo se debe de definir un nodo para toda combinación posible de los valores de los factores (digamos, la demanda y el precio) que se pueden alcanzar. Se dibujan flechas desde el origen de los nodos en el periodo i hasta el periodo $i + 1$. La probabilidad sobre la flecha se refiere a la probabilidad de transición, que es la probabilidad de pasar del nodo de origen en el periodo i al nodo final en el periodo $i + 1$.

El árbol de decisión se evalúa comenzando desde los nodos del periodo T hacia atrás hasta el periodo 0. Para cada nodo, la decisión se optimiza tomando en consideración los valores actuales y futuros de varios factores. El análisis se basa en el *principio de Bellman*, el cual establece que para cualquier opción de estrategia en un estado dado, la estrategia óptima en el siguiente periodo es aquella que se selecciona si se supone que todo el análisis empieza en el siguiente periodo. Este principio permite que la estrategia óptima se resuelva hacia atrás comenzando con el último periodo. Los flujos de efectivo futuros se descuentan hacia atrás y se incluyen en la decisión actualmente bajo consideración. El valor del nodo en el periodo 0 da el

valor de la inversión, así como las decisiones tomadas durante cada periodo. Existen herramientas como *Treeplan* que están disponibles para ayudar a resolver los árboles de decisión en las hojas de cálculo.

La metodología para el análisis de árboles de decisión se resume así:

1. Identificar la duración de cada periodo (mes, trimestre, etc.) y el número de periodos T sobre los cuales debe ser evaluada la decisión.
2. Identificar los factores como la demanda, el precio y el tipo de cambio cuya fluctuación será considerada durante los siguientes T periodos.
3. Identificar las representaciones de la incertidumbre para cada factor; esto es, determinar qué distribución emplear para modelar la incertidumbre.
4. Identificar la tasa de descuento periódica k para cada periodo.
5. Representar el árbol de decisión con estados definidos en cada periodo así como las probabilidades de transición entre las etapas de los periodos sucesivos.
6. Comenzar en el periodo T, y regresar hasta el periodo 0 identificando la decisión óptima y los flujos de efectivo esperados en cada paso. Los flujos de efectivo esperados en cada etapa en un periodo dado deberán ser descontados hacia atrás cuando se incluyan en el periodo anterior.

Nosotros ilustramos la metodología del análisis del árbol de decisión valiéndonos de la decisión de arrendar que enfrenta el gerente de Trips Logistics, que tiene que decidir si arrendar el espacio de almacenamiento por los siguientes tres años y la cantidad que necesita. El arrendamiento a largo plazo es actualmente más barato que la tasa para el espacio de almacenaje en el mercado spot. El gerente prevé incertidumbre en la demanda y los precios spot para el espacio de almacenamiento durante los siguientes tres años. El arrendamiento a largo plazo es más barato, pero podría no utilizarse del todo si la demanda es menor que la prevista. Además, puede terminar siendo más caro si los precios del mercado spot bajan en el futuro. En contraste, las tasas del mercado spot son más altas y el espacio de almacenamiento en este mercado será muy caro si la demanda futura es alta. El gerente tiene en consideración tres opciones:

1. Obtener todo el espacio de almacenamiento en el mercado spot conforme se necesite.
2. Firmar un contrato de arrendamiento por tres años por una cantidad fija de espacio de almacenamiento y conseguir el espacio adicional que necesite en el mercado spot.
3. Firmar un contrato de arrendamiento flexible con un cargo mínimo que permita el uso variable del espacio de almacenamiento hasta un límite, con requerimiento adicional del mercado spot.

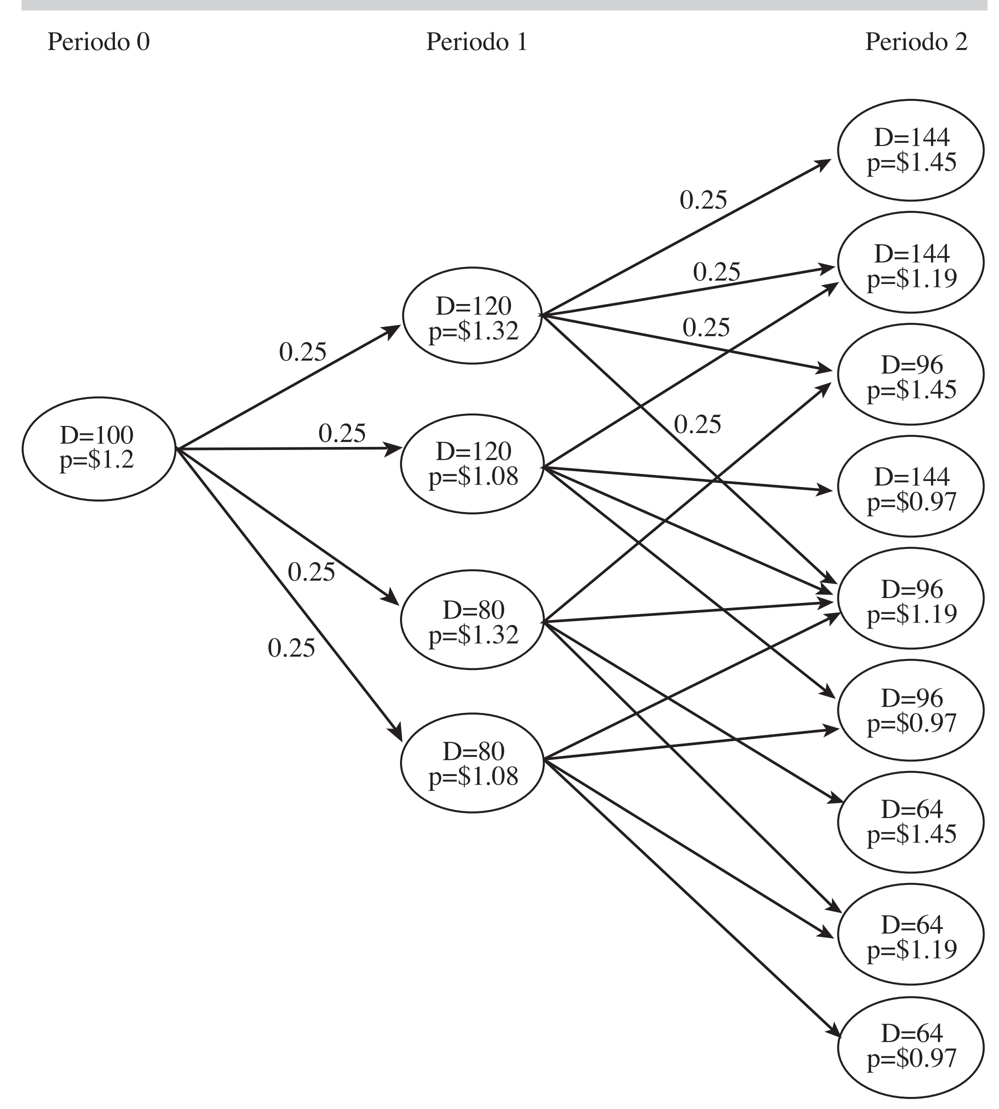
Ahora analizaremos cómo el gerente debe tomar la decisión apropiada, tomando en consideración la incertidumbre.

Se necesitan 1,000 pies^2 (92.9 m^2) de espacio de almacenamiento por cada 1,000 unidades de demanda, y la actual para Trips Logistics es de 100,000 unidades por año. El gerente decide emplear la representación binomial multiplicativa de la incertidumbre tanto para la demanda como para el precio. De un año al siguiente, la demanda puede subir 20% con una probabilidad de 0.5 o bajar 20% con una probabilidad de 0.5. Las probabilidades de los dos resultados permanecen constantes de un año al siguiente.

El gerente puede firmar un contrato de arrendamiento de tres años a un precio de 1 dólar por pie^2 por año. El espacio de almacenamiento se encuentra disponible actualmente en el mercado spot por 1.20 dólares por pie^2 por año. De un año al siguiente, los precios spot del espacio de almacenamiento pueden subir 10% con una probabilidad de 0.5 o bajar 10% con una probabilidad de 0.5 de acuerdo con un proceso binomial. Las probabilidades de los dos resultados no cambian de un año al otro.

El gerente cree que los precios del espacio de almacenamiento y la demanda del producto fluctúan de manera independiente. Cada unidad que Trips Logistics maneja produce un ingreso de 1.22 dólares, por lo que la compañía se ha comprometido a manejar toda la demanda que surja. Trips Logistics emplea una tasa de descuento $k = 0.1$ para cada uno de los tres años.

FIGURA 6-2 Árbol de decisión para Trips Logistics considerando la fluctuación de la demanda y el precio



El gerente supone que se incurre en todos los costos al inicio de cada año, por tanto construye un árbol de decisión con $T = 2$. El árbol de decisión se muestra en la figura 6-2, con cada nodo representando la demanda (D) en miles de unidades y el precio (p) en dólares. La probabilidad de cada transición es de 0.25, ya que el precio y la demanda fluctúan de manera independiente.

El gerente analiza primero la opción de no firmar el arrendamiento y obtener todo el espacio en el mercado spot. Inicia con el periodo 2 y evalúa la utilidad para Trips Logistics en cada nodo. En el nodo $D = 144$, $p = 1.45$ dólares, Trips Logistics debe satisfacer la demanda de 144,000 con un precio spot de 1.45 dólares/pie^2 para el espacio de almacenamiento en el periodo 2. El costo en el que Trips Logistics incurre en este periodo en el nodo $D = 144$, $p = 1.45$ dólares está representado por $C(D = 144, p = 1.45, 2)$ y está dado por

$$C(D = 144, p = 1.45, 2) = 144{,}000 \times 1.45 = \$208{,}800$$

TABLA 6-1 Cálculos del periodo 2 para la opción del mercado spot

	Ingresos	Costo $C(D = , p =, 2)$	Utilidad $P(D =, p =, 2)$
$D = 144, p = 1.45$	144,000 × 1.22	144,000 × 1.45	−\$33,120
$D = 144, p = 1.19$	144,000 × 1.22	144,000 × 1.19	\$4,320
$D = 144, p = 0.97$	144,000 × 1.22	144,000 × 0.97	\$36,000
$D = 96, p = 1.45$	96,000 × 1.22	96,000 × 1.45	−\$22,080
$D = 96, p = 1.19$	96,000 × 1.22	96,000 × 1.19	\$2,880
$D = 96, p = 0.97$	96,000 × 1.22	96,000 × 0.97	\$24,000
$D = 64, p = 1.45$	64,000 × 1.22	64,000 × 1.45	−\$14,720
$D = 64, p = 1.19$	64,000 × 1.22	64,000 × 1.19	\$1,920
$D = 64, p = 0.97$	64,000 × 1.22	64,000 × 0.97	\$16,000

La utilidad para Trips Logistics en el periodo 2, en el nodo $D = 144, p = 1.45$ dólares está representada por $P(D = 144, p = 1.45, 2)$ y está dada por

$$P(D = 144, p = 1.45, 2) = 144{,}000 \times 1.22 - C(D = 144, p = 1.45, 2)$$
$$= 175{,}680 - 208{,}800 = -\$33{,}120$$

La utilidad para Trips Logistics en cada uno de los nodos en el periodo 2 se evalúa de manera similar, como se muestra en la tabla 6.1.

A continuación, el gerente evalúa la utilidad esperada en cada nodo del periodo 1, que será la utilidad del periodo 1 más el valor presente (en el periodo 1) de la utilidad esperada en el periodo 2. La utilidad esperada $EP(D =, p =, 1)$ en un nodo es la utilidad esperada en los cuatro nodos en el periodo 2 que puede resultar de este nodo. $PVEP(D =, p =, 1)$ representa el valor presente de esta utilidad esperada y $P(D =, p =, 1)$, la utilidad esperada total, es la suma de la utilidad del periodo 1 y el valor presente de la utilidad esperada en el periodo 2. A partir del nodo $D = 120$, $p = 1.32$ dólares en el periodo 1, existen cuatro estados posibles en el periodo 2. Por tanto el gerente evalúa que la utilidad esperada en el periodo 2 a través de los cuatro estados posibles a partir del nodo $D = 120, p = 1.32$ dólares en el periodo 1 será EP $(D = 120, p = 1.32, 1)$, donde

$$EP(D = 120, p = 1.32, 1) = 0.25 \times [P(D = 144, p = 1.45, 2) + P(D = 144,$$
$$p = 1.19, 2) + P(D = 96, p = 1.45, 2) + P(D = 96, p = 1.19, 2)]$$
$$= 0.25 \times [-33{,}120 + 4{,}320 - 22{,}080 + 2{,}880] = -\$12{,}000$$

El valor presente del valor esperado en el periodo 1 está dado por

$$PVEP(D = 120, p = 1.32, 1) = EP(D = 120, p = 1.32, 1)/(1 + k)$$
$$= -12{,}000/1.1 = -\$10{,}909$$

El gerente obtiene la utilidad esperada total $P(D = 120, p = 1.32. 1)$ en el nodo $D = 120, p = 1.32$ en el periodo 1, que es la suma de la utilidad en el periodo 1 en este nodo y el valor presente de las utilidades esperadas futuras.

$$P(D = 120, p = 1.32, 1) = 120{,}000 \times 1.22 - 120{,}000 \times 1.32 + PVEP(D = 120,$$
$$p = 1.32, 1) = -\$12{,}000 - \$10{,}909 = -\$22{,}909$$

La utilidad esperada total para todos los demás nodos en el periodo 1 se evalúa como se muestra en la tabla 6-2.

Para el periodo 0, la utilidad total $P(D = 100, p = 1.20, 0)$ es la suma de la utilidad en el periodo 0 y el valor presente de la utilidad esperada de los cuatro nodos en el periodo 1.

$$EP(D = 100, p = 1.20, 0) = 0.25 \times [P(D = 120, p = 1.32, 1) + P(D = 120,$$
$$p = 1.08, 1) + P(D = 96, p = 1.32, 1) + P(D = 96, p = 1.08, 1)]$$
$$= 0.25 \times [-22{,}909 + 32{,}073 - 15{,}273 + 21{,}382] = \$3{,}818$$

TABLA 6-2 Cálculos del periodo 1 para la opción del mercado spot

Nodo	*EP(D =, p =, 1)*	*P(D =, p =, 1) = D × 1.22 − D × p + EP(D =, p =, 1)/(1 + k)*
$D = 120, p = 1.32$	−$12,000	−$22,909
$D = 120, p = 1.08$	$16,800	$32,073
$D = 80, p = 1.32$	−$8,000	−$15,273
$D = 80, p = 1.08$	$11,200	$21,382

$$PVEP(D = 100, p = 1.20, 1) = EP(D = 100, p = 1.20, 0)/(1 + k) = 3{,}818/1.1 = \$3{,}471$$

$$P(D = 100, p = 1.20, 0) = 100{,}000 \times 1.22 - 100{,}000 \times 1.20 + PVEP(D = 100, p = 1.20, 0) = \$2{,}000 + \$3{,}471 = \$5{,}471$$

De esta manera, el VPN esperado de no firmar el contrato de arrendamiento y obtener espacio de almacenamiento en el mercado spot está dado por

VPN (mercado spot) = 5,471 dólares

A continuación, el gerente evalúa la alternativa de firmar el arrendamiento de 100,000 pies^2 de espacio de almacenamiento. Este procedimiento es muy similar al caso anterior, pero cambia el resultado en términos de la utilidad. Por ejemplo, en el nodo $D = 144, p = 1.45$, el gerente requerirá 44,000 pies^2 de espacio del mercado spot a \$1.45/pie^2, ya que sólo 100,000 pies^2 se han arrendado a \$1/pie^2. Si ocurre que la demanda sea menor a 100,000 unidades, Trips Logistics tendrá que pagar de todos modos por todo el espacio arrendado. Para el periodo 2 el gerente obtiene una utilidad en cada uno de los nueve nodos, como se muestra en la tabla 6-3.

El gerente evalúa la utilidad esperada total para cada nodo en el periodo 1. Nuevamente, la utilidad esperada $EP(D =, p =, 1)$ en un nodo es la utilidad esperada de los cuatros nodos en el periodo 2 que puede resultar de este nodo (véase la figura 6-2), y $P(D =, p =, 1)$ es la utilidad total esperada tanto del periodo 1 como del 2. Por tanto, obtiene los resultados en la tabla 6-4.

Para el periodo 0, la utilidad esperada $EP(D = 100, p = 120, 0)$ en los cuatro nodos del periodo 1 está dada por

$$EP(D = 100, p = 1.20, 0) = 0.25 \times [P(D = 120, p = 1.32, 1) + P(D = 120, p = 1.08, 1) + P(D = 96, p = 1.32, 1) + P(D = 96, p = 1.08, 1)] = 0.25 \times [35{,}782 + 45{,}382 - 4{,}582 - 4{,}582] = \$18{,}000$$

TABLA 6-3 Cálculos de las utilidades del periodo 2 en la opción de arrendamiento de Trips Logistics

Nodo	*Espacio arrendado*	*Espacio de almacenamiento a precio spot*	*Utilidad P(D =, p =, 2) = D × 1.22 − (100,000 × 1 + S × p)*
$D = 144, p = 1.45$	100,000 pies^2	44,000 pies^2	$11,880
$D = 144, p = 1.19$	100,000 pies^2	44,000 pies^2	$23,320
$D = 144, p = 0.97$	100,000 pies^2	44,000 pies^2	$33,000
$D = 96, p = 1.45$	100,000 pies^2	0 pie^2	$17,120
$D = 96, p = 1.19$	100,000 pies^2	0 pie^2	$17,120
$D = 96, p = 0.97$	100,000 pies^2	0 pie^2	$17,120
$D = 64, p = 1.45$	100,000 pies^2	0 pie^2	−$21,920
$D = 64, p = 1.19$	100,000 pies^2	0 pie^2	−$21,920
$D = 64, p = 0.97$	100,000 pies^2	0 pie^2	−$21,920

TABLA 6-4 Cálculos de las utilidades del periodo 1 en la opción de arrendamiento de Trips Logistics

Nodo	$EP(D =, p =, 1)$	*Espacio de almacenamiento a precio spot (S)*	$P(D =, p =, 1) = D \times 1.22 - (100{,}000 \times 1 + S \times p) + EP(D =, p =, 1)/(1 + k)$
$D = 120$, $p = 1.32$	$0.25 \times [P(D = 144, p = 1.45, 2) + P(D = 144, p = 1.19, 2) + P(D = 96, p = 1.45, 2) + P(D = 96, p = 1.19, 2)] = 0.25 \times (11{,}880 + 23{,}320 + 17{,}120 + 17{,}120) = \$17{,}360$	20,000	$35,782
$D = 120$, $p = 1.08$	$0.25 \times (23{,}320 + 33{,}000 + 17{,}120 + 17{,}120) = \$22{,}640$	20,000	$45,382
$D = 80$, $p = 1.32$	$0.25 \times (17{,}120 + 17{,}120 - 21{,}920 - 21{,}920) = -\$2{,}400$	0	−$4,582
$D = 80$, $p = 1.08$	$0.25 \times (17{,}120 + 17{,}120 - 21{,}920 - 21{,}920) = -\$2{,}400$	0	−$4,582

El valor presente de la utilidad esperada en el periodo 0 está dado por

$$PVEP(D = 100, p = 1.20, 0) = EP(D = 100, p = 1.20, 0)/(1 + k)$$
$$= 18{,}000/1.1 = \$16{,}364$$

La utilidad esperada total se obtiene de la suma de la utilidad en el periodo 0 y el valor presente de la utilidad esperada en todos los cuatro nodos del periodo 1. Lo cual se expresa de esta manera:

$$P(D = 100, p = 1.20, 0) = 100{,}000 \times 1.22 - 100{,}000 \times 1 + PVEP(D = 100, p = 1.20, 0) = \$22{,}000 + \$16{,}364 = \$38{,}364$$

El VPN de firmar un contrato de arrendamiento a tres años por 100,000 pies^2 de espacio de almacenamiento es

$$\text{VPN(arrendar)} = 38{,}364 \text{ dólares}$$

Observe que el VPN de la opción de arrendar bajo incertidumbre es considerablemente menor que cuando se ignora la incertidumbre ($60,182). Esto se debe a que el arrendamiento es una decisión fija y Trips Logistics no podrá reaccionar a las condiciones del mercado arrendando menos espacio si la demanda es menor. Los contratos rígidos son menos atractivos en presencia de incertidumbre.

La presencia de incertidumbre en la demanda y el precio reduce el valor del arrendamiento pero no afecta el valor de la opción del mercado spot, por lo que el gerente sigue prefiriendo firmar el arrendamiento a tres años de 100,000 pies^2, ya que esta opción tiene una utilidad esperada más alta.

PUNTO CLAVE La incertidumbre en la demanda y en los factores económicos debe incluirse en la evaluación financiera de las decisiones de diseño de la cadena de suministro. La inclusión de la incertidumbre puede tener impacto significativo en esta evaluación.

EVALUACIÓN DE LA FLEXIBILIDAD MEDIANTE ÁRBOLES DE DECISIÓN

La metodología de análisis del árbol de decisión es muy útil para evaluar la flexibilidad dentro de la cadena de suministro. Ahora consideraremos la evaluación de la flexibilidad con árboles de decisión en el contexto de las opciones de almacenamiento de Trips Logistics.

Se le ofreció un contrato al gerente de esta compañía en el cual, por un pago por adelantado de 10,000 dólares, tendrá la flexibilidad de emplear entre 60,000 pies^2 y 100,000 pies^2 de espacio de almacenamiento a un precio de \$1/pie^2 por año. Trips Logistics debe pagar 60,000 dólares

TABLA 6-5 Cálculos de las utilidades de Trips Logistics en el periodo 2 con un contrato de arrendamiento flexible

Nodo	*Espacio de almacenamiento a \$1 (W)*	*Espacio de almacenamiento a precio spot de (S)*	*Utilidad P(D =, p =, 2) = D × 1.22 − (W × 1 + S × p)*
$D = 144, p = 1.45$	100,000 pies^2	44,000 pies^2	\$11,880
$D = 144, p = 1.19$	100,000 pies^2	44,000 pies^2	\$23,320
$D = 144, p = 0.97$	100,000 pies^2	44,000 pies^2	\$34,200
$D = 96, p = 1.45$	96,000 pies^2	0 pie^2	\$21,120
$D = 96, p = 1.19$	96,000 pies^2	0 pie^2	\$21,120
$D = 96, p = 0.97$	96,000 pies^2	0 pie^2	\$22,200
$D = 64, p = 1.45$	64,000 pies^2	0 pie^2	\$14,080
$D = 64, p = 1.19$	64,000 pies^2	0 pie^2	\$14,080
$D = 64, p = 0.97$	64,000 pies^2	0 pie^2	\$14,200

por año por los 60,000 pies^2 y puede emplear los otros 40,000 pies^2 dependiendo de la demanda a \$1/pie^2, por lo que el gerente decide emplear el árbol de decisión para evaluar si este contrato flexible es preferible al contrato fijo por los 100,000 pies^2.

El árbol de decisión subyacente para evaluar el contrato flexible es igual al de la figura 6-2. La utilidad en cada nodo, sin embargo, cambia debido a la flexibilidad. Si la demanda es mayor que las 100,000 unidades, Trips Logistics utilizará todos los 100,000 pies^2 de espacio de almacenamiento, incluso bajo el contrato flexible. Si la demanda es de entre 60,000 y 100,000 unidades, Trips Logistics pagará sólo la cantidad exacta de espacio empleado en lugar de todos los 100,000 pies^2 bajo el contrato sin flexibilidad. La utilidad en todos los nodos donde la demanda es de 100,000 o mayor permanece igual que en la tabla 6-3. La utilidad en el periodo 2 en todos los nodos donde la demanda es menor que 100,000 se incrementa como se muestra en la tabla 6-5.

El gerente general evalúa la utilidad esperada $EP(D = , p = , 1)$ del periodo 2 y la utilidad esperada total en cada nodo del periodo 1, como se analizó anteriormente. Los resultados se muestran en la tabla 6-6.

La utilidad esperada total en el periodo 0 es la suma de la utilidad en el periodo 0 y el valor presente de la utilidad esperada en el periodo 1. Por tanto, el gerente obtiene

$$EP(D = 100, p = 1.20, 0) = 0.25 \times [P(D = 120, p = 1.32, 1) + P(D = 120, p = 1.08, 1) + P(D = 96, p = 1.32, 1) + P(D = 96, p = 1.08, 1)]$$
$$= 0.25 \times [37{,}600 + 47{,}718 + 33{,}600 + 33{,}873] = \$38{,}198$$

TABLA 6-6 Cálculos de las utilidades de Trips Logistics en el periodo 1 con un contrato de arrendamiento flexible

Nodo	*EP(D =, p =, 1)*	*Espacio de almacenamiento a \$1 (W)*	*Espacio de almacenamiento a precio spot (S)*	*P(D =, p =, 1) = D × 1.22 − (W × 1 + S × p) + EP(D =, p =, 1)/(1 + k)*
$D = 120, p = 1.32$	0.25 × (11,880 + 23,320 + 21,120 + 21,120) = \$19,360	100,000	20,000	\$37,600
$D = 120, p = 1.08$	0.25 × (23,320 + 34,200 + 21,120 + 22,200) = \$25,210	100,000	20,000	\$47,718
$D = 80, p = 1.32$	0.25 × (21,120 + 21,120 + 14,080 + 14,080) = \$17,600	80,000	0	\$33,600
$D = 80, p = 1.08$	0.25 × (21,120 + 22,200 + 14,080 + 14,200) = \$17,900	80,000	0	\$33,873

TABLA 6-7 Comparación de las diferentes opciones de arrendamiento de Trips Logistics

Opción	*Valor*
Todo el espacio de almacenamiento del mercado spot	\$5,471
Arrendar 100,000 pies^2 por tres años	\$38,364
Arrendamiento flexible para utilizar entre 60,000 y 100,000 pies^2	\$46,725

$$PVEP(D = 100, p = 1.20, 1) = EP(D = 100, p = 1.20, 0)/(1 + k)$$
$$= 38{,}198/1.1 = \$34{,}725$$

$$P(D = 100, p = 1.20, 0) = 100{,}000 \times 1.22 - 100{,}000 \times 1 + PVEP(D = 100,$$
$$p = 1.20, 0) = \$22{,}000 + \$34{,}725 = \$56{,}725$$

Con el pago por adelantado de 10,000 dólares, la utilidad neta bajo el arrendamiento flexible es de 46,725 dólares. El valor de la flexibilidad se obtiene como la diferencia entre los valores presentes esperados de los dos contratos. Al tomar en cuenta la incertidumbre, el gerente valora las tres opciones como se muestra en la tabla 6-7.

Entonces el contrato flexible es beneficioso para Trips Logistics, pues es 8,361 dólares más valioso que el contrato rígido a tres años.

PUNTO CLAVE La flexibilidad debe valorarse teniendo en consideración la incertidumbre en la demanda y los factores económicos. En general, el valor de la flexibilidad aumenta con el incremento de la incertidumbre.

6.5 AM TIRES: EVALUACIÓN DE LAS DECISIONES DE DISEÑO DE UNA CADENA DE SUMINISTROS BAJO INCERTIDUMBRE

En esta sección analizamos la decisión del diseño de la cadena de suministro en AM Tires, un fabricante de llantas, para ilustrar el poder de la metodología de análisis del árbol de decisión en la toma de decisiones bajo incertidumbre. AM Tires enfrenta la decisión sobre la ubicación de una planta en la red global con tipos de cambio fluctuantes e incertidumbre en la demanda.

AM Tires vende sus productos tanto en México como en Estados Unidos. La demanda en el primero es de 50,000 llantas por año y en el segundo de 100,000 por año. De un año al otro, la demanda en cualquiera de los dos países puede incrementarse 20% con una probabilidad de 0.5 o disminuir 20% con una probabilidad de 0.5. Las fluctuaciones de la demanda en los dos países son independientes.

Realizaremos el análisis bajo el siguiente supuesto: una llanta se vende en 30 dólares en Estados Unidos y 240 pesos en México. El tipo de cambio actual de 1 USD por 9 pesos. Se espera que el tipo de cambio fluctúe de acuerdo con la distribución binomial. De un año al siguiente, el peso puede subir 25% o bajar 25%, cada suceso tiene una probabilidad de 0.5. Las fluctuaciones en el tipo de cambio son independientes de la fluctuación en la demanda.

AM Tires está diseñando su red de manufactura, la cual estará lista en dos años. Está planeando construir una planta de 100,000 unidades en Estados Unidos y otra de 50,000 en México. Las plantas pueden ser dedicadas o flexibles; en el primer caso, sólo podrán atender el mercado local; en el segundo caso, podrán abastecer cualquier mercado. Los costos fijos y variables de cada opción se muestran en la tabla 6-8.

Observe que los costos fijos están dados por año en lugar de anticipados con valor de rescate. Los costos de transporte entre Estados Unidos y México son de 1 dólar por llanta de ida o

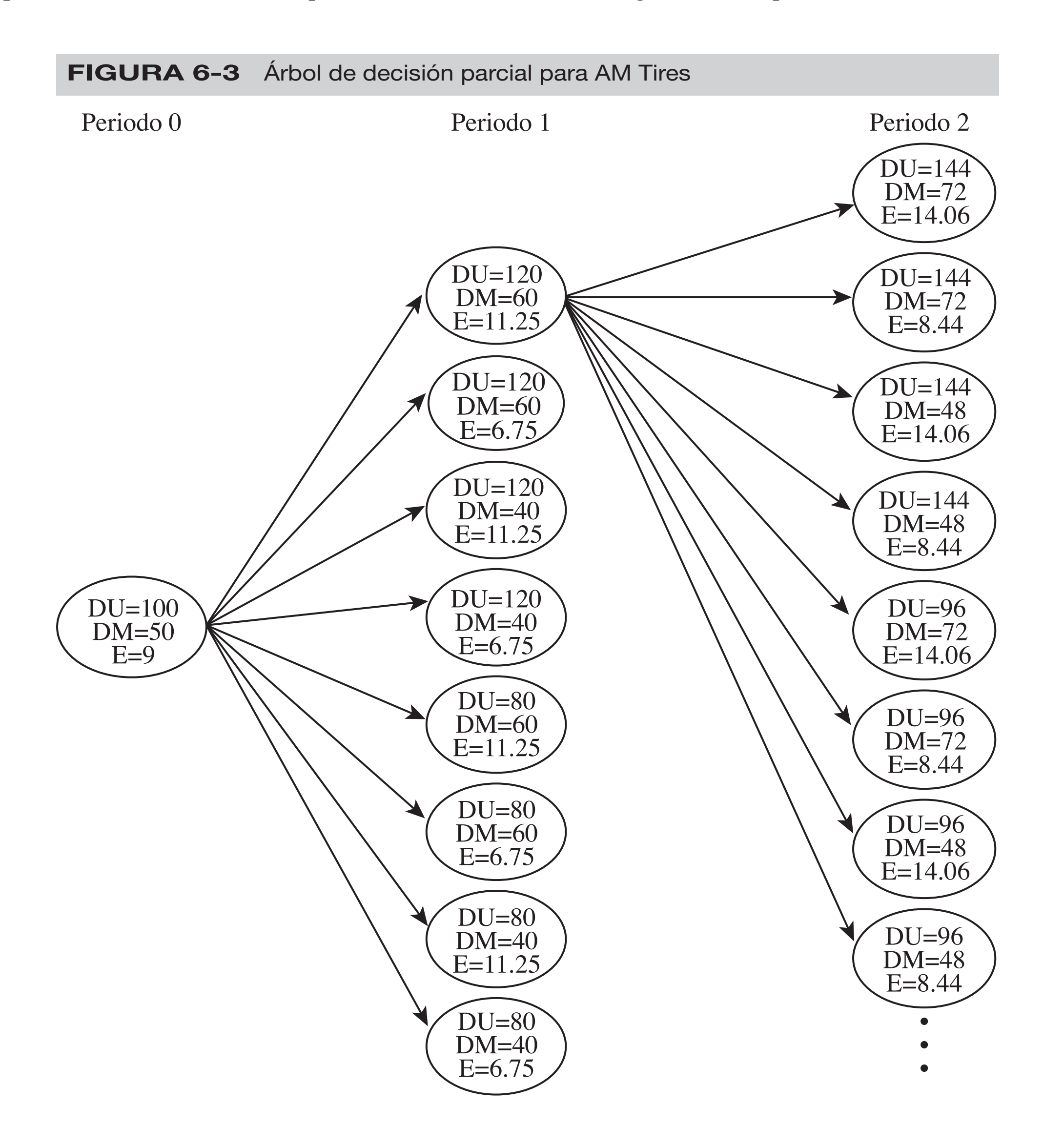
TABLA 6-8 Costos de producción fijos y variables de AM Tires

	Planta dedicada		*Planta flexible*	
Planta	***Costo fijo***	***Costo variable***	***Costo fijo***	***Costo variable***
Estados Unidos 100,000	$1 millones/año	$15/llanta	$1.1 millones/año	$15/llanta
México 50,000	4 millones de pesos/año	110 pesos/llanta	4.2 millones de pesos/año	110 pesos/llanta

regreso. La decisión sobre las plantas estará vigente en los siguientes dos años y la tasa de descuento empleada es $k = 0.1$. El vicepresidente de operaciones trabaja con el CEO para decidir el tipo de instalación a construir en cada país. La compañía está obligada por contratos (con cada uno de los gobiernos locales) a construir una planta en cada país.

El vicepresidente construye un árbol de decisión que se muestra en la figura 6-3. Cada nodo en un periodo dado lleva a ocho nodos posibles en el siguiente, ya que la demanda en cada país y el tipo de cambio pueden subir o bajar. Los vínculos detallados en el periodo 2 correspondientes a un nodo en el periodo 1 se muestran en la figura 6-3. La probabilidad de transición

FIGURA 6-3 Árbol de decisión parcial para AM Tires



entre cada par de nodos vinculados es de $0.5 \times 0.5 \times 0.5 = 0.125$, debido a que la demanda y las fluctuaciones en el tipo de cambio son independientes y tienen lugar con una probabilidad de 0.5 cada una. La demanda está en miles y está representada por DU para Estados Unidos y DM para México. El tipo de cambio está representado por E, que es el número de pesos por 1 USD.

Existen cuatro posibles combinaciones de capacidad y flexibilidad entre las plantas de México y Estados Unidos. El vicepresidente de AM Tires evalúa primero el caso en el cual se instala capacidad dedicada de 100,000 en Estados Unidos y de 50,000 en México.

CAPACIDAD DEDICADA DE 100,000 EN ESTADOS UNIDOS Y DE 50,000 EN MÉXICO

El vicepresidente empieza por evaluar las utilidades en cada nodo en el periodo 2. Cada nodo está representado por el valor correspondiente de DU, DM y E. En cada nodo, dados la demanda en cada mercado, el tipo de cambio existente y el grado de flexibilidad, la demanda se asigna entre las plantas para maximizar las utilidades (véase el capítulo 5).

Evaluación del periodo 2

El análisis detallado del nodo $DU = 144$, $DM = 72$, $E = 14.06$ es el siguiente. Todas las 100,000 unidades de capacidad en Estados Unidos y todas las 50,000 unidades en México se emplean para los mercados locales, ya que la capacidad es dedicada y la demanda rebasa la capacidad en ambos mercados. Los ingresos y los costos se evalúan de la siguiente manera.

1. ***Ingresos por DU = 144, DM = 72, E = 14.06.*** Los ingresos en Estados Unidos y México se evalúan así:

Ingresos de Estados Unidos por la fabricación y venta de 100,000 llantas
$= 100{,}000 \times \$30 = \$3{,}000{,}000$

Ingresos de México por la fabricación y venta de 50,000 llantas $= 50{,}000 \times 240$
$= 12{,}000{,}000$ pesos $= \$12{,}000{,}000/E = 12{,}000{,}000/14.06 = \$853{,}485$

Ingreso total $= \$3{,}853{,}485$

2. ***Costo por DU = 144, DM = 72, E = 14.06.*** Los costos en Estados Unidos y México se evalúan a partir de la información de la tabla 6-8, y son:

Costo fijo de la planta estadounidense $= \$1{,}000{,}000$

Costo variable de producción en la planta estadounidense
$= 100{,}000 \times 15 = \$1{,}500{,}000$

Costo fijo de la planta mexicana $= 4{,}000{,}000$ pesos $= \$4{,}000{,}000/E$
$= 4{,}000{,}000/14.06 = \$284{,}495$

El costo variable de producción en la planta de México
$= 50{,}000 \times 110 = 5{,}500{,}000$ pesos $= \$5{,}500{,}000/E$
$= 5{,}500{,}000/14.06 = \$\ 391{,}181$

Costo total $= 1{,}000{,}000 + 1{,}500{,}000 + 284{,}495 + 391{,}181 = \$3{,}175{,}676$

La utilidad total para AM Tires en el nodo $DU = 144$, $DM = 72$, $E = 14.06$, está dado por

$$P(DU = 144, DM = 72, E = 14.06, 2) = 3{,}853{,}485 - 3{,}175{,}676 = \$677{,}809$$

Empleando el mismo método, el vicepresidente evalúa la utilidad en cada una de los 27 estados en el periodo 2 como se muestra en la tabla 6-9. Cada estado en el periodo 2 se representa por el valor correspondiente de DU, DM y E. La cantidad producida en cada planta es la mínima de la capacidad de la planta y la demanda local ya que se supone que ambas plantas son dedicadas.

TABLA 6-9 Utilidades del periodo 2 para la capacidad dedicada tanto en Estados Unidos como en México

			Estados Unidos			*México*			
DU	*DM*	*E*	*Producción*	*Ingresos ($)*	*Costo variable ($)*	*Producción*	*Ingresos (pesos)*	*Costo variable (pesos)*	*Utilidades ($)*
144	72	14.06	100,000	3,000,000	1,500,000	50,000	12,000,000	5,500,000	677,809
144	72	8.44	100,000	3,000,000	1,500,000	50,000	12,000,000	5,500,000	796,209
144	72	5.06	100,000	3,000,000	1,500,000	50,000	12,000,000	5,500,000	994,071
144	48	14.06	100,000	3,000,000	1,500,000	48,000	11,520,000	5,280,000	659,317
144	48	8.44	100,000	3,000,000	1,500,000	48,000	11,520,000	5,280,000	765,403
144	48	5.06	100,000	3,000,000	1,500,000	48,000	11,520,000	5,280,000	942,688
144	32	14.06	100,000	3,000,000	1,500,000	32,000	7,680,000	3,520,000	511,380
144	32	8.44	100,000	3,000,000	1,500,000	32,000	7,680,000	3,520,000	518,957
144	32	5.06	100,000	3,000,000	1,500,000	32,000	7,680,000	3,520,000	531,621
96	72	14.06	96,000	2,880,000	1,440,000	50,000	12,000,000	5,500,000	617,809
96	72	8.44	96,000	2,880,000	1,440,000	50,000	12,000,000	5,500,000	736,209
96	72	5.06	96,000	2,880,000	1,440,000	50,000	12,000,000	5,500,000	934,071
96	48	14.06	96,000	2,880,000	1,440,000	48,000	11,520,000	5,280,000	599,317
96	48	8.44	96,000	2,880,000	1,440,000	48,000	11,520,000	5,280,000	705,403
96	48	5.06	96,000	2,880,000	1,440,000	48,000	11,520,000	5,280,000	882,688
96	32	14.06	96,000	2,880,000	1,440,000	32,000	7,680,000	3,520,000	451,380
96	32	8.44	96,000	2,880,000	1,440,000	32,000	7,680,000	3,520,000	458,957
96	32	5.06	96,000	2,880,000	1,440,000	32,000	7,680,000	3,520,000	471,621
64	72	14.06	64,000	1,920,000	960,000	50,000	12,000,000	5,500,000	137,809
64	72	8.44	64,000	1,920,000	960,000	50,000	12,000,000	5,500,000	256,209
64	72	5.06	64,000	1,920,000	960,000	50,000	12,000,000	5,500,000	454,071
64	48	14.06	64,000	1,920,000	960,000	48,000	11,520,000	5,280,000	119,317
64	48	8.44	64,000	1,920,000	960,000	48,000	11,520,000	5,280,000	225,403
64	48	5.06	64,000	1,920,000	960,000	48,000	11,520,000	5,280,000	402,688
64	32	14.06	64,000	1,920,000	960,000	32,000	7,680,000	3,520,000	(28,620)
64	32	8.44	64,000	1,920,000	960,000	32,000	7,680,000	3,520,000	(21,043)
64	32	5.06	64,000	1,920,000	960,000	32,000	7,680,000	3,520,000	(8,379)

Evaluación del periodo 1

En el periodo 1 existen ocho nodos de resultados que deberán ser analizados. A continuación, se presenta un análisis detallado de uno de los nodos $DU = 120, DM = 60, E = 11.25$. Además del ingreso y el costo en este nodo, también necesitamos considerar el valor presente de la utilidad esperada en el periodo 2 de los ocho nodos resultantes. La probabilidad de transición en cada uno de los ocho nodos es de 0.125. La utilidad esperada en el periodo 2 del nodo $DU = 120, DM = 60, E = 11.25$ está dada por

$$EP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = 0.125 \times [P(DU = 144, DM = 72, E = 14.06, 2) + P(DU = 144, DM = 72, E = 8.44, 2) + P(DU = 144, DM = 48, E = 14.06, 2) + P(DU = 144, DM = 48, E = 8.44, 2) + P(DU = 96, DM = 72, E = 14.06, 2) + P(DU = 96, DM = 72, E = 8.44, 2) + P(DU = 96, DM = 48, E = 14.06, 2) + P(DU = 96, DM = 48, E = 8.44, 2)]$$

De la tabla 6.9 podemos obtener

$$EP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = 0.125 \times [677{,}809 + 796{,}209 + 659{,}317 + 765{,}403 + 617{,}809 + 736{,}209 + 599{,}317 + 705{,}403] = \$694{,}685$$

El valor presente de la utilidad esperada en el periodo 2 descontado al periodo 1 está dada por

$$PVEP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = EP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1)/(1 + k) = 694{,}685/1.1 = \$631{,}531$$

1. ***Ingresos por DU = 120, DM = 60, E = 11.25.*** Dado que las dos plantas son dedicadas, la planta de Estados Unidos producirá 100,000 llantas para el mercado estadounidense y la de México producirá 50,000 llantas para su mercado local. Los ingresos en Estados Unidos y México se evalúan así:

$$\text{Ingresos de Estados Unidos por la fabricación y venta de 100,000 llantas} = 100{,}000 \times \$30 = \$3{,}000{,}000 \text{ de dólares}$$

$$\text{Ingresos de México por la fabricación y venta de 50,000 llantas} = 50{,}000 \times 240 = 12{,}000{,}000 \text{ pesos} = \$12{,}000{,}000/E = 12{,}000{,}000/11.25 = \$1{,}066{,}667$$

$$\text{Ingreso total} = \$4{,}066{,}667$$

2. ***Costo por DU = 120, DM = 60, E = 11.25.*** Los costos en Estados Unidos y México se evalúan a partir de la información de la tabla 6-8 como sigue:

$$\text{Costo fijo de la planta estadounidense} = \$1{,}000{,}000$$

$$\text{Costo variable de producción en la planta estadounidense} = 100{,}000 \times 15 = \$1{,}500{,}000$$

$$\text{Costo fijo de la planta mexicana} = 4{,}000{,}000 \text{ pesos} = \$4{,}000{,}000/E = 4{,}000{,}000/11.25 = \$355{,}556$$

$$\text{Costo variable de producción variable en la planta de México} = 50{,}000 \times 110 = 5{,}500{,}000 \text{ pesos} = \$5{,}500{,}000/E = 5{,}500{,}000/11.25 = \$488{,}889$$

$$\text{Costo total} = 1{,}000{,}000 + 1{,}500{,}000 + 355{,}556 + 488{,}889 = \$3{,}344{,}445$$

La utilidad esperada de AM Tires en el nodo $DU = 120, DM = 60, E = 11.25$, está dada por

$$P(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = 4{,}066{,}667 - 3{,}344{,}445 + PVEP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = 686{,}667 + 597{,}057 = \$1{,}353{,}754$$

La utilidad esperada de todos los nodos en el periodo 1 se muestra en la tabla 6-10.

Evaluación del periodo 0

En el periodo 0 la demanda y el tipo de cambio están dados por $DU = 100, DM = 50, E = 9$. Además del ingreso y el costo en este nodo, también necesitamos considerar la utilidad esperada de los ocho nodos del periodo 1. La utilidad esperada está dada por

$$\begin{aligned}EP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) &= 0.125 \times [P(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1)\\ &+ P(DU = 120, DM = 60, E = 6.75, 1) + P(DU = 120, DM = 40, E = 11.25, 1)\\ &+ P(DU = 120, DM = 40, E = 6.75, 1) + P(DU = 80, DM = 60, E = 11.25, 1)\\ &+ P(DU = 80, DM = 60, E = 6.75, 1) + P(DU = 80, DM = 40, E = 11.25, 1)\\ &+ P(DU = 80, DM = 40, E = 6.75, 1)]\end{aligned}$$

De la tabla 6-10 podemos obtener

$$EP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = 0.125 \times (1{,}353{,}754 + 1{,}683{,}182 + 1{,}137{,}361 + 1{,}277{,}475 + 808{,}299 + 1{,}092{,}728 + 591{,}907 + 732{,}021) = \$1{,}078{,}966$$

TABLA 6-10 Utilidades del periodo 1 para la capacidad dedicada tanto en Estados Unidos como en México

				Estados Unidos			México			
DU	*DM*	*E*	*Utilidades esperadas en el periodo 2*	*Producción*	*Ingresos ($)*	*Costo variable ($)*	*Producción*	*Ingresos (pesos)*	*Costo variable (pesos)*	*Utilidades ($)*
120	60	11.25	656763	100,000	3,000,000	1,500,000	50,000	12,000,000	5,500,000	1,353,754
120	60	6.75	781370	100,000	3,000,000	1,500,000	50,000	12,000,000	5,500,000	1,638,182
120	40	11.25	545843	100,000	3,000,000	1,500,000	40,000	9,600,000	4,400,000	1,137,361
120	40	6.75	596445	100,000	3,000,000	1,500,000	40,000	9,600,000	4,400,000	1,277,475
80	60	11.25	386763	80,000	2,400,000	1,200,000	50,000	12,000,000	5,500,000	808,299
80	60	6.75	511370	80,000	2,400,000	1,200,000	50,000	12,000,000	5,500,000	1,092,728
80	40	11.25	275843	80,000	2,400,000	1,200,000	40,000	9,600,000	4,400,000	591,907
80	40	6.75	326445	80,000	2,400,000	1,200,000	40,000	9,600,000	4,400,000	732,021

El valor presente de la utilidad en el periodo 1 descontado al periodo 0 está dada por

$$PVEP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = EP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0)/(1 + k) = 1{,}078{,}966/1.1 = \$980{,}878$$

1. ***Ingresos por DU = 100, DM = 50, E = 9.*** Dado que las dos plantas son dedicadas, la planta de Estados Unidos producirá 100,000 llantas para el mercado de ese país y la de México producirá 50,000 llantas para su mercado local. Los ingresos en el periodo 0 están dados por:

$$\text{Ingresos de Estados Unidos por la fabricación y venta de 100,000 llantas} = 100{,}000 \times \$30 = \$3{,}000{,}000$$

$$\text{Ingresos de México por la fabricación y venta de 50,000 llantas} = 50{,}000 \times 240 = 12{,}000{,}000 \text{ pesos} = \$12{,}000{,}000/E = 12{,}000{,}000/9 = \$1{,}333{,}333$$

$$\text{Ingreso total} = \$4{,}333{,}333$$

2. ***Costo por DU = 100, DM = 50, E = 9.*** Los costos en el periodo 0 están dados por

$$\text{Costo fijo de la planta estadounidense} = \$1{,}000{,}000$$

$$\text{Costo variable de producción en la planta estadounidense} = 100{,}000 \times 15 = \$1{,}500{,}000$$

$$\text{Costo fijo de la planta mexicana} = 4{,}000{,}000 \text{ pesos} = \$4{,}000{,}000/E = 4{,}000{,}000/9 = \$444{,}444$$

$$\text{Costo variable de producción en la planta de México} = 50{,}000 \times 110 = 5{,}500{,}000 \text{ pesos} = \$5{,}500{,}000/E = 5{,}500{,}000/9 = \$611{,}111$$

$$\text{Costo total} = 1{,}000{,}000 + 1{,}500{,}000 + 444{,}444 + 611{,}111 = \$3{,}555{,}555$$

La utilidad esperada de AM Tires por instalar 100,000 unidades de capacidad dedicada en Estados Unidos y 50 000 en México está dada por

$$P(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = 4{,}333{,}333 - 3{,}555{,}555 + 895{,}985 = \$1{,}758{,}656$$

El vicepresidente de AM Tires obtiene el

$$\text{VPN(100,000 unidades de capacidad dedicada en Estados Unidos y 50,000 unidades en México)} = \$1{,}758{,}656$$

CAPACIDAD FLEXIBLE DE 100,000 EN ESTADOS UNIDOS Y 50,000 EN MÉXICO

A continuación, el vicepresidente evalúa el VPN de instalar capacidad flexible tanto en Estados Unidos como en México. Esta capacidad puede utilizarse para producir llantas para cualquier país, dependiendo de la utilidad generada al hacerlo. El árbol de decisión en este caso es como el de la figura 6-3, pero cambia la utilidad en cada nodo. Primero evalúa la utilidad en cada nodo en el periodo 2.

Evaluación del periodo 2

El análisis detallado del nodo $DU = 144$, $DM = 72$, $E = 14.06$ para el periodo 2 es el siguiente. El vicepresidente primero evalúa el margen de contribución de producir una llanta en un lugar y venderla en cada uno de los dos mercados como se muestra en la tabla 6-11.

A partir de la tabla 6-11 es claro que, bajo las condiciones dadas, la producción tanto de Estados Unidos como de México debe destinarse primero para satisfacer la demanda estadounidense de 144,000. Las 6,000 llantas restantes serían vendidas en el mercado mexicano ya que esta acción maximiza las utilidades de AM Tires. El ejemplo considerado aquí es suficientemente simple para obtener la asignación de la demanda óptima por observación. En general, el modelo de asignación de la demanda (véase el capítulo 5) debe resolverse en cada uno de los nodos del árbol de decisión.

1. ***Contribución de la producción de Estados Unidos para DU = 144, DM = 72, E = 14.06***. Dada la demanda en Estados Unidos de 144,000 unidades, todas las 100,000 unidades de la producción estadounidense se envían al mercado local. Dado el margen de 15 dólares por unidad, el vicepresidente obtiene

$$\text{Margen de contribución de la producción estadounidense} = 100 \times \$15 = \$1{,}500{,}000$$
$$\text{Costo fijo de la planta en Estados Unidos} = \$1{,}100{,}000$$
$$\text{Utilidad de la producción estadounidense} = \$400{,}000$$

2. ***Contribución de la producción de México para DU = 144, DM = 72, E = 14.06***. Dado que existe un margen mayor de 21.2 dólares por llanta por vender llantas mexicanas en el mercado de Estados Unidos, 44,000 llantas de México se envían a Estados Unidos. Las 6,000 restantes se venden en el mercado local, cada una contribuyendo con 9.20 dólares. Por tanto,

$$\text{Margen de contribución de la producción mexicana} = 44{,}000 \times \$21.2 + 6{,}000 \times 9.2 = \$988{,}000$$
$$\text{Costo fijo de la planta en México} = \$4{,}200{,}000 \text{ pesos} = \$298{,}720$$
$$\text{Utilidad de la producción mexicana} = \$689{,}280$$

La utilidad total de AM Tires es la suma de la utilidad de la producción estadounidense y mexicana y está dada por

$$P(DU = 144, DM = 72, E = 14.06, 2) = \$400{,}000 + \$675{,}055 = \$1{,}089{,}280$$

Compare la utilidad de este nodo con y sin flexibilidad. La capacidad flexible da una utilidad de 1,089,280 dólares, mientras que la capacidad dedicada tiene como resultado una utilidad de 677,809 dólares. La flexibilidad de la producción permite a AM Tires explotar las fluctuaciones

TABLA 6-11 Márgenes de origen/destino para $DU = 144$, $DM = 72$, $E = 14.06$

Origen	*Destino*	*Costo variable*	*Costo de envío*	*E*	*Precio de venta*	*Margen ($)*
Estados Unidos	Estados Unidos	$15	0	14.06	$30	$15
Estados Unidos	México	$15	$1	14.06	240 pesos	$1.1
México	Estados Unidos	110 pesos	$1	14.06	$30	$21.2
México	México	110 pesos	0	14.06	240 pesos	$9.2

TABLA 6-12 Utilidades del periodo 2 con capacidad flexible tanto en Estados Unidos como en México

			Margen de contribución ($/unidad)				*Producción de Estados Unidos*			*Producción de México*			
DU	*DM*	*E*	*EU/EU*	*EU/Méx.*	*Méx./EU*	*Méx./Méx.*	*Para EU*	*Para Méx.*	*Utilidad en Estados Unidos ($)*	*Para EU*	*Para Méx.*	*Utilidad en México ($)*	*Utilidad Total ($)*
144	72	14.06	15	1.1	21.2	9.2	100,000	—	400,000	44,000	6,000	689,280	1,089,280
144	72	8.44	15	12.4	16.0	15.4	100,000	—	400,000	44,000	6,000	297,327	697,327
144	72	5.06	15	31.4	7.3	25.7	78,000	22,000	761,478	—	50,000	454,545	1,216,024
144	48	14.06	15	1.1	21.2	9.2	100,000	—	400,000	—	48,000	145,092	545,092
144	48	8.44	15	12.4	16.0	15.4	100,000	—	400,000	—	48,000	241,706	641,706
144	48	5.06	15	31.4	7.3	25.7	100,000	—	400,000	2,000	48,000	417,684	817,684
144	32	14.06	15	1.1	21.2	9.2	100,000	—	400,000	44,000	6,000	688,518	1,088,518
144	32	8.44	15	12.4	16.0	15.4	100,000	—	400,000	44,000	6,000	297,327	697,327
144	32	5.06	15	31.4	7.3	25.7	100,000	—	400,000	18,000	32,000	122,791	522,791
96	72	14.06	15	1.1	21.2	9.2	96,000	4,000	344,279	—	50,000	163,585	507,863
96	72	8.44	15	12.4	16.0	15.4	96,000	4,000	389,744	—	50,000	272,512	662,256
96	72	5.06	15	31.4	7.3	25.7	96,000	4,000	465,723	—	50,000	454,545	920,269
96	48	14.06	15	1.1	21.2	9.2	96,000	—	340,000	—	48,000	145,092	485,092
96	48	8.44	15	12.4	16.0	15.4	96,000	—	340,000	—	48,000	241,706	581,706
96	48	5.06	15	31.4	7.3	25.7	96,000	—	340,000	—	48,000	403,162	743,162
96	32	14.06	15	1.1	21.2	9.2	96,000	—	340,000	—	32,000	(2,845)	337,155
96	32	8.44	15	12.4	16.0	15.4	96,000	—	340,000	—	32,000	(4,739)	335,261
96	32	5.06	15	31.4	7.3	25.7	96,000	—	340,000	—	32,000	(7,905)	332,095
64	72	14.06	15	1.1	21.2	9.2	64,000	22,000	(116,467)	—	50,000	163,585	47,118
64	72	8.44	15	12.4	16.0	15.4	64,000	22,000	133,592	—	50,000	272,512	406,104
64	72	5.06	15	31.4	7.3	25.7	64,000	36,000	991,510	—	36,000	94,862	1,086,372
64	48	14.06	15	1.1	21.2	9.2	64,000	—	(140,000)	—	48,000	145,092	5,092
64	48	8.44	15	12.4	16.0	15.4	64,000	—	(140,000)	—	48,000	241,706	101,706
64	48	5.06	15	31.4	7.3	25.7	64,000	36,000	991,510	—	12,000	(521,736)	469,771
64	32	14.06	15	1.1	21.2	9.2	64,000	—	(140,000)	—	32,000	(2,845)	(142,845)
64	32	8.44	15	12.4	16.0	15.4	64,000	—	(140,000)	—	32,000	(4,739)	(144,739)
64	32	5.06	15	31.4	7.3	25.7	64,000	32,000	865,787	—	—	(830,040)	35,747

en el tipo de cambio e incrementar la utilidad ajustando los mercados que son atendidos por cada planta.

El vicepresidente de operaciones repite el análisis descrito anteriormente en cada uno de los 27 nodos del periodo 2. Los resultados se muestran en la tabla 6-12.

Evaluación del periodo 1

En el periodo 1 existen ocho nodos que necesitan ser analizados. El análisis detallado del nodo $DU = 120, DM = 60, E = 11.25$ se muestra a continuación. En adición al ingreso y al costo de este nodo, necesitamos también considerar el valor presente de la utilidad esperada de los ocho nodos en el periodo 2 que puede resultar de este nodo. La probabilidad de transición de cada uno de los ocho nodos es de 0.125. La utilidad esperada está dada por

$$\begin{aligned} EP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = 0.125 \times [&P(DU = 144, DM = 72, E = 14.06, 2) \\ &+ P(DU = 144, DM = 72, E = 8.44, 2) + P(DU = 144, \\ &DM = 48, E = 14.06, 2) + P(DU = 144, DM = 48, E = 8.44, 2) \\ &+ P(DU = 96, DM = 72, E = 14.06, 2) + P(DU = 96, DM = 72, E = 8.44, 2) \\ &+ P(DU = 96, DM = 48, E = 14.06, 2) + P(DU = 96, DM = 48, E = 8.44, 2)] \end{aligned}$$

TABLA 6-13 Márgenes de origen/destino para $DU = 120$, $DM = 60$, $E = 11.25$

Origen	*Destino*	*Costo variable*	*Costo de envío*	*E*	*Precio de venta*	*Margen ($)*
Estados Unidos	Estados Unidos	$15	0	11.25	$30	$15
Estados Unidos	México	$15	$1	11.25	240 pesos	$5.3
México	Estados Unidos	110 pesos	$1	11.25	$30	$19.2
México	México	110 pesos	0	11.25	240 pesos	$11.6

A partir de la tabla 6.12 el vicepresidente obtiene

$$EP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = 0.125 \times [1{,}089{,}280 + 697{,}327 + 545{,}092 + 641{,}706 + 507{,}863 + 662{,}256 + 485{,}092 + 581{,}706] = \$651{,}290$$

El valor presente de la utilidad esperada descontado al periodo 1 está dada por

$$PVEP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = EP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1)/(1 + k) = 651{,}290/1.1 = \$592{,}082$$

El siguiente paso es evaluar el margen de contribución de producir una llanta en un lugar y venderla en cada uno de los dos mercados con un tipo de cambio de $E = 11.25$. Los detalles se incluyen en la tabla 6-13.

El siguiente paso es evaluar la contribución a la utilidad de cada planta mediante la solución del problema de asignación de la demanda. Dado este ejemplo sencillo, la evaluación se realiza directamente en este caso.

1. ***Contribución de la producción de Estados Unidos para DU = 120, DM = 60, E = 11.25***. Dado que existe un margen más alto al vender la producción de Estados Unidos en el mercado de Estados Unidos, todas las 100,000 unidades estadounidenses se envían al mercado local. Por lo tanto

$$\text{Margen de contribución de la producción estadounidense} = 100 \times \$15 = \$1{,}500{,}000$$

$$\text{Costo fijo de la planta en Estados Unidos} = \$1{,}100{,}000$$

$$\text{Utilidad de la producción estadounidense} = \$400{,}000$$

2. ***Contribución de la producción de México para DU = 120, DM = 60, E = 11.25***. Dado que existe un margen mayor al vender la producción mexicana en Estados Unidos, 20,000 llantas de México se envían a Estados Unidos, mientras que 30,000 se venden en el mercado mexicano. Dados los márgenes de la tabla 6-13, el vicepresidente obtiene

$$\text{Margen de contribución de la producción mexicana} = 20{,}000 \times \$19.2 + 30{,}000 \times 11.6 = \$732{,}000$$

$$\text{Costo fijo de la planta en México} = \$4{,}200{,}000 \text{ pesos} = \$373{,}333$$

$$\text{Utilidad de la producción mexicana} = \$358{,}667$$

La utilidad esperada total de AM Tires para $DU = 120$, $DM = 60$, $E = 11.25$ en el periodo 1 está dada por

$$P(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = \$400{,}000 + \$358{,}667 + PVEP(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) = \$400{,}000 + \$358{,}667 + \$574{,}845 = \$1{,}350{,}749$$

La utilidad esperada en todos los demás nodos del periodo 1 se calcula como se indicó anteriormente y se muestra en la tabla 6.14.

Evaluación del periodo 0

En el periodo 0 la demanda y el tipo de cambio están dados por $DU = 100$, $DM = 50$, $E = 9$. Además del ingreso y el costo en este nodo, necesitamos también considerar el valor presente

TABLA 6-14 Utilidades del periodo 1 con capacidad flexible tanto en Estados Unidos como en México

			Utilidad esperada en el periodo 1	*Margen de contribución ($/unidad)*				*Producción de Estados Unidos*			*Producción de México*			
DU	*DM*	*E*	*EP ($)*	*EU/ EU*	*EU/ Méx.*	*Méx./ EU*	*Méx./ Méx.*	*Para EU*	*Para México*	*Utilidad en Estados Unidos ($)*	*Para EU*	*Para México*	*Utilidad en México ($)*	*Utilidad Total ($)*
120	60	11.25	632,330	15	5.3	19.2	11.6	100,000	—	400,000	20,000	30,000	358,667	1,350,749
120	60	6.75	753,405	15	19.6	12.7	19.3	90,000	10,000	446,000	—	50,000	342,778	1,502,429
120	40	11.25	570,022	15	5.3	19.2	11.6	90,000	—	250,000	30,000	20,000	434,667	1,220,105
120	40	6.75	552,355	15	19.6	12.7	19.3	100,000	—	400,000	10,000	40,000	276,778	1,207,656
80	60	11.25	330,657	15	5.3	19.2	11.6	80,000	—	100,000	20,000	30,000	358,667	776,500
80	60	6.75	589,807	15	19.6	12.7	19.3	90,000	10,000	446,000	—	50,000	342,778	1,353,703
80	40	11.25	175,843	15	5.3	19.2	11.6	60,000	—	(200,000)	20,000	30,000	358,667	335,761
80	40	6.75	275,227	15	19.6	12.7	19.3	80,000	20,000	492,000	—	20,000	(236,222)	534,722

de la utilidad esperada de todos los nodos en el periodo 1. Dada la probabilidad de transición de 0.125 para cada nodo, la utilidad esperada del periodo 1 está dada por

$$EP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = 0.125 \times [P(DU = 120, DM = 60, E = 11.25, 1) + P(DU = 120, DM = 60, E = 6.75, 1) + P(DU = 120, DM = 40, E = 11.25, 1) + P(DU = 120, DM = 40, E = 6.75, 1) + P(DU = 80, DM = 60, E = 11.25, 1) + P(DU = 80, DM = 60, E = 6.75, 1) + P(DU = 80, DM = 40, E = 11.25, 1) + P(DU = 80, DM = 40, E = 6.75, 1)]$$

De la tabla 6-14 el vicepresidente obtiene

$$EP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = 0.125 \times (1{,}350{,}749 + 1{,}502{,}429 + 1{,}220{,}105 + 1{,}207{,}656 + 776{,}500 + 1{,}353{,}703 + 335{,}761 + 534{,}722) = \$1{,}035{,}203$$

El valor presente de la utilidad esperada en el periodo 1 descontado al periodo 0 está dada por

$$PVEP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = EP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0)/(1 + k) = 1{,}035{,}203/1.1 = \$941{,}094$$

El siguiente paso es evaluar el margen de contribución de producir una llanta en un lugar y venderla en cada uno de los dos mercados en el periodo 0. Los detalles se incluyen en la tabla 6-15.

El vicepresidente evalúa a continuación la contribución a la utilidad de cada planta.

1. ***Contribución de la producción de Estados Unidos para DU = 100, DM = 50, E = 9***. Todas las 100,000 unidades producidas en Estados Unidos se venden de manera local ya que ese mercado proporciona un margen mayor. Por tanto,

$$\text{Margen de contribución de la producción estadounidense} = 100 \times \$15 = \$1{,}500{,}000$$

$$\text{Costo fijo de la planta en Estados Unidos} = \$1{,}100{,}000$$

$$\text{Utilidad de la producción estadounidense} = \$400{,}000$$

2. ***Contribución de la producción de México para DU = 100, DM = 50, E = 9***. Toda la capacidad mexicana se emplea para satisfacer la demanda mexicana ya que no existe demanda sin satisfacer en Estados Unidos. Por tanto, las 50,000 llantas se venden en México.

$$\text{Margen de contribución de la producción mexicana} = 50{,}000 \times \$14.4 = \$720{,}000$$

$$\text{Costo fijo de la planta en México} = 4{,}200{,}000 \text{ pesos} = \$466{,}667$$

$$\text{Utilidad de la producción mexicana} = \$253{,}333$$

La utilidad total esperada de AM Tires en el periodo 0 está dada por

$$P(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = \$400{,}000 + \$253{,}333 + PVEP(DU = 100, DM = 50, E = 9, 0) = \$400{,}000 + \$253{,}333 + \$941{,}094 = \$1{,}594{,}427$$

TABLA 6-15 Márgenes de origen/destino para $DU = 100$, $DM = 50$, $E = 9$

Origen	*Destino*	*Costo variable*	*Costo de envío*	*E*	*Precio de venta*	*Margen ($)*
Estados Unidos	Estados Unidos	$15	0	9	$30	$15
Estados Unidos	México	$15	$1	9	240 pesos	$10.7
México	Estados Unidos	110 pesos	$1	9	$30	$16.8
México	México	110 pesos	0	9	240 pesos	$14.4

TABLA 6-16 VPN de diversas configuraciones de planta para AM Tires

Configuración de la planta		
Estados Unidos	***México***	***VPN***
Dedicada	Dedicada	$1,758,656
Flexible	Dedicada	$1,514,322
Dedicada	Flexible	$1,787,115
Flexible	Flexible	$1,594,427

El vicepresidente obtiene el siguiente resultado:

VPN(Capacidad flexible de 100,000 unidades en Estados Unidos y 50,000 en México)
= $1,594,427

La opción de que ambas plantas sean flexibles da un menor VPN esperado en comparación con que ambas sean dedicadas. Esto se debe a que el costo de construir la flexibilidad es más alto que el valor que ésta proporciona considerando los distintos posibles resultados del tipo de cambio y la demanda. Un análisis similar se emplea para evaluar los casos en los cuales una de las dos plantas es flexible. Los resultados de las cuatro opciones se muestran en la tabla 6-16.

Los resultados de la tabla 6-16 indican que aunque la flexibilidad en México es benéfica, en Estados Unidos termina por costar dinero. El CEO de AM Tires decide construir una planta dedicada en Estados Unidos y una flexible en México, ya que esta configuración ofrece las utilidades esperadas más altas.

Cuando los árboles de decisión subyacentes son muy complejos y las soluciones explícitas de éstos son difíciles de obtener, las compañías deben emplear la simulación para evaluar las decisiones (véase el capítulo 12). En un árbol de decisión complejo, miles o incluso millones de posibles caminos surgen desde el primer periodo hasta el último. Las posibilidades de transición se emplean para generar caminos aleatorios de probabilidad ponderada dentro del árbol de decisión. Para cada camino, se debe evaluar la decisión estado por estado, como también el valor presente del resultado. Los caminos se generan de tal manera que la probabilidad de que un camino que se genera durante la simulación sea la misma que la probabilidad del camino en el árbol de decisión. Después de generar muchos caminos y evaluar los resultados en cada caso, los que se obtienen durante la simulación se emplean como una representación de los resultados que se obtendrían con el árbol de decisión. Por lo que el resultado esperado se obtiene promediando los resultados obtenidos en la simulación.

Los métodos de simulación son muy buenos para evaluar las decisiones cuando el camino no depende de la decisión; en otras palabras, cuando las probabilidades de transición de un periodo a otro no dependen de la decisión que se tome durante un periodo. También pueden tomar en consideración las restricciones del mundo real como también las reglas complejas de decisión. Además, pueden fácilmente manejar las diferentes formas de incertidumbre, incluso en casos en los que la incertidumbre entre los diferentes factores está correlacionada.

Los modelos de simulación requieren un alto costo de instalación para empezar y operar en comparación con los árboles de decisión. Sin embargo, la principal ventaja es que pueden proporcionar evaluaciones de alta calidad de situaciones complejas.

6.6 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS Y DISEÑO DE REDES

La red de una cadena de suministro global se expone a una variedad de riesgos, entre otros, interrupciones, retrasos del suministro y fluctuaciones en la demanda, el precio y el tipo de cambio. Si no se ponen en funcionamiento los planes apropiados de mitigación, estos riesgos afectarán negativamente el desempeño de la cadena. Por ejemplo, la contaminación en uno de

TABLA 6-17 Riesgos a considerar en la cadena de suministro durante el diseño de la red

Categoría	*Directrices del riesgo*
Interrupciones	Desastre natural, guerra, terrorismo Disputas laborales Quiebra del proveedor
Retrasos	Alta utilización de la capacidad de la fuente de suministro Inflexibilidad de la fuente de suministro Mala calidad o rendimiento en la fuente de suministro
Riesgo de los sistemas	Descompostura de la infraestructura de información Integración de sistemas o grado hasta el cual los sistemas están conectados en red
Riesgo de pronóstico	Pronósticos imprecisos debido a largos tiempos de espera, estacionalidad, variedad de productos, ciclos de vida cortos, base pequeña de clientes Efecto látigo o distorsión de la información
Riesgo de propiedad intelectual	Integración vertical de la cadena de suministro Outsourcing y mercados globales
Riesgo de adquisición	Riesgo del tipo de cambio Fracción adquirida de una sola fuente Utilización de la capacidad de la industria
Riesgo de cuentas por cobrar	Número de clientes Solidez financiera de los clientes
Riesgo de inventario	Tasa de obsolescencia del producto Costo de mantener el inventario Valor del producto Incertidumbre de la oferta y la demanda
Riesgo de capacidad	Costo de la capacidad Flexibilidad de la capacidad

Fuente: Adaptado de "Managing Risk to Avoid Supply Chain Breakdown", Sunil Chopra y Manmohan S. Sodhi, *Sloan Management Review,* otoño de 2004, pp. 53-61.

los dos proveedores de vacuna para la gripe en Estados Unidos produjo una grave escasez al principio de la temporada de gripe en 2004. Esta escasez llevó al racionamiento en muchos estados y a un incremento severo en el precio en algunos casos. De igual manera, el fortalecimiento significativo del euro ha dañado a las compañías cuyas fuentes de suministro se localizan en su mayoría en Europa Occidental. La tabla 6-17 incluye una clasificación de los riesgos de la cadena de suministro y sus directrices que deben ser considerados durante el diseño de la red.

El buen diseño de la red puede asumir un papel significativo en la mitigación del riesgo de la cadena de suministro. Por ejemplo, tener múltiples proveedores mitiga el riesgo de interrupción de cualquier fuente de suministro. Un excelente ejemplo es la diferencia en el impacto sobre Nokia y Ericsson, cuando una planta propiedad de Royal Phillips Electronics ubicada en Albuquerque, Nuevo México, se incendió en marzo de 2000. Nokia se adaptó a esta interrupción rápidamente utilizando otras plantas de su red. En contraste, Ericcson no tenía una fuente de respaldo en su red y le fue imposible reaccionar. Como resultado de ello, estimó pérdidas en ingresos por 400 millones de dólares. De igual manera, tener una capacidad flexible mitiga los riesgos de las fluctuaciones en la demanda global, precio y tipos de cambio. Por ejemplo, Hino Trucks utiliza capacidad flexible en sus plantas para modificar los niveles de producción de diferentes productos mediante el cambio de la fuerza laboral entre las líneas. Como resultado, la compañía mantiene una fuerza laboral constante en la planta, incluso cuando la producción de cada línea varía, para igualar de la mejor manera la oferta y la demanda. Como lo ilustraron estos ejemplos, el diseño de las estrategias de mitigación en la red mejora significativamente la capacidad de la cadena para manejar el riesgo.

Sin embargo, toda estrategia de mitigación tiene un precio y puede incrementar otros riesgos. Por ejemplo, aumentar el inventario mitiga el riesgo de sufrir retrasos pero incrementa el

TABLA 6-18 Estrategias de mitigación del riesgo adaptadas durante el diseño de la red

Estrategia de mitigación del riesgo	*Estrategias adaptadas*
Incremento de la capacidad	Enfoque en el costo bajo, capacidad descentralizada para la demanda predecible. Construir capacidad centralizada para la demanda impredecible. Incrementar la descentralización conforme disminuye el costo de la capacidad.
Obtener proveedores redundantes	Más suministro redundante para los productos de alto volumen, menos redundancia para productos de bajo volumen. Redundancia centralizada en unos cuantos proveedores flexibles para productos de bajo volumen.
Incremento de la capacidad de respuesta	Preferir costo a capacidad de respuesta en el caso de productos básicos. Preferir capacidad de respuesta a costo para productos que tienen ciclo de vida corto.
Incremento en el inventario	Descentralizar el inventario de productos predecibles de menor valor. Centralizar el inventario de productos menos predecibles de mayor valor.
Incremento en la flexibilidad	Preferir costo a flexibilidad para productos predecibles de alto volumen. Preferir flexibilidad para productos impredecibles de bajo volumen. Centralizar la flexibilidad en algunas ubicaciones, si es costosa.
Agrupar o agregar la demanda	Incrementar la agregación a medida que aumente el grado de imprevisibilidad.
Incremento de la capacidad de abastecimiento	Preferir capacidad a costo para producto de alto valor, alto riesgo. Preferir costo a capacidad para productos básicos de valor bajo. Centralizar la capacidad alta en fuentes flexibles, si es posible.

Fuente: Adaptado de "Managing Risk to Avoid Supply Chain Breakdown", Sunil Chopra y Manmohan S. Sodhi, *Sloan Management Review,* otoño de 2004, pp. 53-61.

riesgo de obsolescencia. Mantener múltiples proveedores mitiga el riesgo de sufrir interrupciones pero incrementa los costos, ya que cada proveedor puede tener dificultades para lograr economías de escala. Por tanto, es muy importante formular estrategias de mitigación adaptadas durante el diseño de la red para lograr un buen equilibrio entre la cantidad de riesgo mitigado y el incremento en el costo. Algunas estrategias de mitigación a la medida se enumeran en la tabla 6-18. La mayoría de éstas se analizan con mayor detalle más adelante en el libro.

6.7 TOMA DE DECISIONES DE DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO BAJO INCERTIDUMBRE EN LA PRÁCTICA

Los gerentes deben considerar las siguientes ideas para ayudarse a tomar mejores decisiones de diseño de redes bajo incertidumbre.

1. ***Combinar la planeación estratégica y la planeación financiera durante el diseño de la red***. En la mayoría de las organizaciones, la planeación financiera y la planeación estratégica se realizan de manera independiente. La planeación estratégica trata de preparar para las incertidumbres futuras pero con frecuencia sin un análisis cuantitativo riguroso, mientras que la planeación financiera realiza un análisis cuantitativo, pero supone un futuro predecible o bien definido. Este capítulo presenta varias metodologías que permiten la integración de la planeación financiera y la estratégica. Los encargados de tomar las decisiones deben diseñar las redes de las cadenas de suministro considerando un portafolio de opciones estratégicas: la opción de esperar, construir capacidad en exceso, construir capacidad flexible, firmar contratos a largo plazo, comprar en el mercado spot, etc. Las diversas opciones deben ser evaluadas en el contexto de la incertidumbre futura.

2. ***Utilizar múltiples métricas para evaluar las redes de la cadena de suministro***. Como una métrica sólo puede mostrar una parte del panorama, es benéfico examinar las decisiones sobre el diseño de la red empleando múltiples métricas, como las utilidades de la compañía, utilidades de la cadena de suministro, niveles de servicio al cliente y tiempos de respuesta. Las buenas decisiones se desempeñan bien respecto a las métricas más relevantes.

3. ***Usar el análisis financiero como información inicial para la toma de decisiones, no como el proceso de toma de decisiones.*** El análisis financiero es una gran herramienta para el proceso de tomar decisiones, puesto que produce una respuesta y una abundante información que la respalda. Sin embargo, las metodologías financieras por sí solas no proporcionan un panorama completo de las alternativas y de otros factores no cuantificables que también deben ser considerados.

4. ***Usar los estimados junto con el análisis de sensibilidad.*** Es difícil, si no imposible, obtener con precisión muchos de los datos que se introducen en el análisis financiero. Esto puede causar que el análisis financiero sea un proceso largo y extenso. Una de las mejores maneras de acelerar el proceso y llegar a una buena decisión es utilizar los estimados de la información cuando parezca que encontrar información precisa tomaría una gran cantidad de tiempo. Como consideramos en algunas de las secciones orientadas a la práctica, está bien utilizar los estimados cuando están soportados por un análisis de sensibilidad. Siempre es más fácil llegar a algo con un rango de datos que llegar con uno solo. Al realizar un análisis de sensibilidad del rango de información, con frecuencia los gerentes pueden mostrar que sin importar dónde se encuentre la verdadera información dentro del rango, la decisión permanece constante. Cuando éste no es el caso, han resaltado una variable clave para tomar la decisión y probablemente merezca más atención para llegar a una respuesta más precisa. En resumen, para tomar decisiones eficaces acerca del diseño de la cadena de suministro, los gerentes necesitan hacer estimaciones de los datos y luego probar todas las recomendaciones con el análisis de sensibilidad.

6.8 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Identificar las incertidumbres que influyen en el desempeño de la cadena de suministro y en el diseño de la red.

   La principal medida financiera para evaluar las alternativas de la cadena de suministro es el valor presente de la secuencia de flujos de efectivo generada por cada alternativa. Estas secuencias se ven afectadas por la incertidumbre de la demanda, precio, tipos de cambio y otros factores económicos. Estas incertidumbres y la flexibilidad en la red de la cadena deben tomarse en consideración al valorar los flujos de efectivo.
2. Entender las metodologías empleadas para evaluar las decisiones sobre el diseño de la cadena de suministro bajo incertidumbre.

   Al valorar las secuencias de flujos de efectivo, los árboles de decisión son un método básico para valorar las alternativas bajo incertidumbre. La incorporación de la representación binomial de la incertidumbre permite al árbol de decisión valorar las alternativas dada la incertidumbre. Cuando los árboles se vuelven muy complejos para resolverlos de manera razonable, se puede emplear la simulación para llevar a cabo las evaluaciones financieras sobre las alternativas de decisión.
3. Analizar las decisiones de diseño de una red en un ambiente de incertidumbre.

   Los pasos básicos para analizar las decisiones sobre el diseño de la red comprenden reunir datos financieros sobre las alternativas, determinar qué tipo de incertidumbre afecta la decisión, cuantificar los flujos de efectivo para cada alternativa en cada periodo, cuantificar el impacto de los tipos de incertidumbre en los flujos de efectivo y utilizar las metodologías para calcular los valores financieros de las diferentes alternativas.

Preguntas de discusión

1. ¿Por qué es importante considerar la incertidumbre al evaluar las decisiones sobre la cadena de suministro?
2. ¿Cuáles son las mayores fuentes de incertidumbre que pueden afectar el valor de las decisiones de la cadena?
3. Describa el principio básico de los FED y cómo se pueden utilizar para comparar las diferentes secuencias de flujos de efectivo.

4. ¿Cómo se relaciona la representación binomial con la distribución normal?
5. Resuma los pasos básicos de la metodología de análisis del árbol de decisión.
6. ¿Cuáles son las mayores incertidumbres financieras que enfrenta un fabricante de componentes electrónicos al decidir sobre la construcción de una planta en Tailandia o en Estados Unidos?
7. ¿Cuáles son algunos de los principales tipos de incertidumbre no financiera que la compañía debe considerar al tomar decisiones sobre dónde aprovisionarse de producto?

Ejercicios

1. Moon Micro es un pequeño fabricante de servidores que en la actualidad construye todos sus productos en Santa Clara, California. Como el mercado que atiende ha crecido drásticamente, la planta ha alcanzado la capacidad de 10,000 servidores por año. Moon está considerando dos opciones para incrementar su capacidad. La primera es agregar 10,000 unidades de capacidad a la planta de Santa Clara a un costo fijo anualizado de 10,000,000 de dólares más 500 dólares de mano de obra por servidor. La segunda es que Molectron, un fabricante independiente, fabrique los servidores para Moon a un costo de 2,000 dólares por cada uno (excluyendo el costo de la materia prima). La materia prima cuesta 8,000 dólares por servidor y Moon vende cada servidor en 15,000 dólares.

   Moon debe tomar esta decisión considerando un horizonte de dos años. Durante cada año, la demanda de servidores de Moon tiene 80% de posibilidades de que se incremente 50% respecto al año anterior y 20% de permanecer igual que el año anterior. Los precios de Molectron también pueden cambiar. Son fijos para el primer año, pero tienen 50% de probabilidades de incrementarse 20% en el segundo año y 50% de probabilidad de permanecer como están.

   Utilice un árbol de decisión para determinar si Moon debe agregar capacidad a la planta de Santa Clara o si debe subcontratar a Molectron. ¿Qué otros factores que no hemos analizado podrían afectar esta decisión?
2. Unipart, un fabricante de autopartes, está considerando dos diferentes mercados B2B para comprar suministros de MRO. Ambos mercados ofrecen una línea completa de suministros a precios muy similares para los productos y el envío. Ambos proporcionan niveles de servicio y tiempos de espera muy semejantes.

   Sin embargo, sus estructuras de comisiones son un poco diferentes. El primer mercado, Parts4u.com, vende todos sus productos con 5% de comisión agregada al precio del producto (no incluye envío). El precio de AllMRO.com se basa en una cuota de suscripción de 10 millones de dólares que se debe pagar por adelantado para un periodo de dos años y una comisión de 1% del precio del producto por cada una de las transacciones.

   Unipart gasta cerca de 150 millones de dólares en suministros de MRO cada año, aunque esto varía con la utilización. El siguiente año es probable que sea un año fuerte, en el cual una utilización alta mantendrá el gasto en MRO de 150 millones de dólares. Sin embargo, existen probabilidades de 25% de que el gasto caiga 10%. El segundo año, existe 50% de probabilidades de que el nivel de gasto permanezca donde estaba el primer año y 50% de probabilidades de que caiga otro 10%. Unipart emplea una tasa de descuento de 20%. Suponga que se incurre en todos los costos al inicio de cada año (de manera que ahora se incurre en los costos del Año 1 y dentro de un año en los del Año 2).

   ¿A qué mercado B2B debe comprar sus partes Unipart?
3. Alphacap, un fabricante de componentes electrónicos, está tratando de seleccionar un proveedor único de materias primas para su principal producto, el condensador de doble capa. Se trata de un nuevo condensador que los fabricantes de teléfonos celulares utilizan para proteger los microprocesadores contra las variaciones de corriente. Dos compañías pueden proporcionar los materiales necesarios, MultiChem y Mixemat.

   MultiChem goza de una sólida reputación por sus productos y cobra un alto precio por su confiabilidad en el suministro y entrega. MultiChem dedica capacidad de la planta a cada uno de los clientes, y por tanto, el suministro está garantizado. Esto permite a MultiChem cobrar 1.20 dólares por las materias primas empleadas en cada uno de los condensadores de doble capa.

   Mixemat es un pequeño proveedor de materias primas que cuenta con capacidad limitada pero que cobra sólo 0.90 dólares por unidad de materia prima. Sin embargo, se cuestiona su confiabilidad en el suministro. Mixemat no tiene la suficiente capacidad para proveer a todos sus clientes todo el tiempo. Esto significa que las órdenes de Mixemat no están garantizadas. En un año de alta demanda

de materias primas, Mixemat tendrá 90,000 unidades disponibles para Alphacap. En años de baja demanda, todo el producto será entregado.

Si Alphacap no obtiene sus materias primas de los proveedores, necesita comprarlas en el mercado spot para proveer a sus clientes. Uno de los principales fabricantes de teléfonos celulares compra la mayor parte de la producción de Alphacap. Cualquier falla en la entrega puede hacerle perder este contrato, lo que en esencia pondría en riesgo a la compañía. Por tanto, Alphacap comprará su materia prima en el mercado spot para compensar cualquier déficit. Los precios spot para compras de un solo lote (como el que Alphacap necesitaría) son de 2.00 dólares, cuando la demanda de materias primas es baja, y de 4.00 dólares cuando es alta.

La probabilidad de que la demanda en el mercado de materias primas sea alta es de 75%, en cada uno de los siguientes dos años. Alphacap vendió 100,000 condensadores de doble capa el año pasado y espera vender 110,000 este año. Sin embargo, existe 25% de probabilidades de que venda solamente 100,000. El siguiente año, la demanda tiene 75% de probabilidades de incrementarse 20% durante ese año y 25% de probabilidades de caer 10%. Alphacap emplea una tasa de descuento de 20%. Suponga que se incurre en todos los costos al inicio de cada año (ahora se incurre en los costos del Año 1 y, dentro de un año, en los del Año 2) y que Alphacap debe tomar una decisión con un horizonte de dos años. Solamente puede escoger un proveedor, ya que los dos proveedores se niegan a abastecer a alguien que trabaja con su competencia.

¿Qué proveedor debe escoger Alphacap? ¿Qué otra información le gustaría tener para tomar esta decisión?

4. Bell Computer se enfrenta a una encrucijada. Este fabricante de computadoras personales ha estado creciendo a una tasa rápida, lo que está causando problemas en sus operaciones conforme trata de mantenerse a la par de la creciente demanda. Sus ejecutivos pueden ver con claridad que dentro del siguiente medio año, los sistemas utilizados para coordinar su cadena van a fallar, ya que no serán capaces de manejar el volumen de los proyectos que Bell tendrá.

   Para resolver este problema, Bell ha recurrido a dos compañías de software de cadenas de suministro para que le hagan propuestas sobre los sistemas que podrían cubrir el volumen y la complejidad de las tareas que Bell necesita manejar. Sin embargo, las dos están ofreciendo dos tipos muy diferentes de productos.

   La primera compañía, SCSoftware, propone un sistema para el cual Bell tendrá que comprar una licencia. Esto le permitirá utilizar el software por el tiempo que quiera. Sin embargo, será responsabilidad de Bell mantenerlo, lo cual requerirá recursos significativos.

   La segunda compañía, SC-ASP, propone que Bell pague una cuota de suscripción mensual para que SC-ASP sea el host de las aplicaciones de la cadena de suministro de Bell en máquinas de SC-ASP. Para esto, los empleados de Bell tendrán acceso a la información y análisis a través de un explorador de Internet. La información se transmitirá automáticamente de los servidores de ASP a los de Bell siempre que sea necesario. Bell continuará pagando la cuota mensual por el software pero todo el mantenimiento será realizado por SC-ASP.

   ¿Cuál debería ser la decisión de Bell respecto a qué compañía de software escoger? ¿Cuáles son las piezas específicas de información que Bell necesita tener (tanto del software como de las condiciones futuras que experimentará), a fin de tomar una decisión? ¿Cuáles son algunos de los aspectos cualitativos en que Bell debe pensar cuando tome esta decisión?

5. Reliable es un fabricante de teléfonos celulares que atiende los mercados de Asia y América del Norte. La demanda anual actual de su producto en el primer mercado es de 2,000,000, mientras que en el segundo es de 4,000,000. Durante los dos años siguientes, la demanda en Asia se espera que suba 50% con una probabilidad de 0.7, o que suba 20% con una probabilidad de 0.3. Durante el mismo periodo, la demanda en América del Norte se espera que suba 10% con una probabilidad de 0.5, o que baje 10% con una probabilidad de 0.5. Reliable actualmente tiene una instalación de producción en Asia con una capacidad de 2,400,000 unidades por año y una instalación en América del Norte con una capacidad de 4,200,000 por año. El costo variable de producción por teléfono en Asia es de 15 dólares y en América del Norte es de 17 dólares. Enviar un teléfono de un mercado al otro cuesta 3 dólares. Cada teléfono se vende en 40 dólares en ambos mercados.

   Reliable debe decidir si agrega 2,000,000 o 1,500,000 unidades de capacidad a la planta en Asia. El incremento más grande de la planta tendría un costo de 18,000,000 de dólares, mientras que el menor tendría un costo de 15,000,000 de dólares. ¿Qué recomienda? Suponga que Reliable emplea un factor de descuento de 10%.

6. Un fabricante europeo de ropa tiene instalaciones de producción en Italia y China para atender su mercado europeo, donde la demanda anual es de 1.9 millones de unidades. Se espera que la demanda permanezca en el mismo nivel en el futuro cercano. Cada instalación tiene una capacidad de 1 millón de unidades por año. Con el tipo de cambio actual, el costo de producción y distribución desde Italia es de 10 euros por unidad, mientras que desde China es de 7 euros. Durante cada uno de los siguientes tres años, la moneda china se revaluará 15% respecto al euro con una probabilidad de 0.5, o caerá 5% con una probabilidad de 0.5. Una opción que está siendo considerada es reducir la capacidad en Italia 0.5 millones de unidades y pasarla a China a un costo único de 2 millones de euros. ¿Recomendaría esta opción? Suponga que el factor de descuento durante los tres años es 10%.
7. Un fabricante de productos químicos está estableciendo la capacidad en Europa y América del Norte para los siguientes tres años. La demanda anual en cada mercado es de 2 millones de kilogramos (kg) y es probable que permanezca en ese nivel. Las dos opciones que se están considerando son si construir 4 millones de unidades de capacidad en América del Norte o 2 millones en cada una de las ubicaciones. Construir dos plantas costará 2 millones de dólares. El costo variable de producción en América del Norte (ya sea para una planta pequeña o una grande) es de 10 dólares/kg, mientras que el costo en Europa es de 9 euros/kg. El tipo de cambio actual es de 1 euro por US 1.33. Durante cada uno de los siguientes tres años, se espera que el dólar se fortalezca 10% con una probabilidad de 0.5% y se debilite 5% con una probabilidad de 0.5. ¿Qué debe hacer el fabricante? Suponga un factor de descuento de 10%. ¿A qué diferencial inicial en costos que implique construir las dos plantas será indiferente el fabricante entre las dos opciones?

Bibliografía

Amram, Martha y Nalin Kulatilaka, *Real Options,* Cambridge, MA, Harvard Business School Press, 1999.

Brealey, Richard A. y Stewart C. Myers, *Principles of Corporate Finance,* Nueva York, McGraw-Hill, 1996.

Chopra, Sunil y ManMohan S. Sodhi, "Managing Risk to Avoid Supply Chain Breakdown", *Sloan Management Review,* 2004, 46(1), pp. 53-61.

Horngren, Charles T., George Foster y Srikant M. Datar, *Cost Accounting,* Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1997.

Johnson, Norman L., Samuel Kotz y N. Balakrishnan, *Continuous Univariate Distributions*, Nueva York, Wiley, 1994.

Luehrman, Timothy A., *Capital Projects as Real Options*: *An Introduction*, Harvard Business School, Caso 9-295-074, 1995.

Luehrman, Timothy A., "Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers", *Harvard Business Review,* julio-agosto de 1998, pp. 51-67.

Luehrman,Timothy A., "Strategy as a Portfolio of Real Options", *Harvard Business Review,* septiembre-octubre de 1998, pp. 89-99.

Ross, Sheldon M., *Introduction to Stochastic Dynamic Programming,* Nueva York, Academic Press, 1983.

Stokey, Nancy L., Robert E. Lucas, Jr. y Edward C. Prescott, *Recursive Methods in Economic Dynamics,* Cambridge, MA, Harvard University Press, 1989.

Trigeorgis, Lenos, *Real Options,* Cambridge, MA, The MIT Press, 1996.

ESTUDIO DE CASO



BIOPHARMA, INC.[1]

En 2005, Phillip (Phil) Landgraf enfrentó varios problemas en el desempeño financiero de su compañía, BioPharma Inc. La compañía había experimentado un descenso pronunciado en las utilidades y muy altos costos en sus plantas de Alemania y Japón. Landgraf, presidente de las operaciones globales de la compañía, sabía que la demanda de los productos de la compañía era estable en todo el mundo. Como resultado, la capacidad excedente de su red de producción global parecía un lujo que no podía darse más.

Cualquier mejora en el desempeño financiero dependía de tener en operación la red más eficiente, ya que los ingresos probablemente no crecerían. Por tanto, reducir los costos era la principal prioridad para el año siguiente. Para ayudar a diseñar una red más rentable, Landgraf asignó una fuerza de tarea para que recomendara un curso de acción.

ANTECEDENTES

BioPharma Inc. es un fabricante global de productos químicos por volumen que se utilizan en la industria farmacéutica. La compañía tiene las patentes de dos químicos conocidos internamente como Highcal y Relax, y que la división farmacéutica de la compañía los utiliza y se venden a otros fabricantes de medicamentos. Existen diversas distinciones en las especificaciones precisas de los químicos que deben cumplirse en las diferentes partes del mundo. Sin embargo, en la actualidad, todas las plantas son capaces de producir ambos químicos para cualquier parte del mundo.

Las ventas de cada uno de los productos por región así como la producción y la capacidad de cada planta en 2005 se muestran en la tabla 6-19. La capacidad de la planta, medida en millones de kilogramos de producción, puede ser asignada a cualquiera de los químicos siempre que la planta sea capaz de producir ambos. BioPharma ha pronosticado que es probable que sus ventas de los dos químicos permanezcan estables en todo el mundo, excepto en Asia sin Japón, donde se espera que las ventas crezcan 10% anual durante cada uno de los cinco años siguientes antes de que se estabilice.

La planta japonesa es líder en tecnología dentro de la red de BioPharma, en términos de su capacidad para manejar asuntos regulatorios y ambientales. Algunos desarrollos de la planta japonesa han sido transferidos a otras plantas de la red. La planta alemana es líder en términos de capacidad de producción. La planta rutinariamente ha tenido los rendimientos más altos dentro de la red global. Las plantas de Brasil, la India y México tienen tecnología obsoleta y necesitan ser actualizadas.

COSTOS ACTUALES DE LAS PLANTAS DE BIOPHARMA

Después de un considerable debate, la fuerza de tarea identificó la estructura de costos de cada una de las plantas en 2005, que se muestra en la tabla 6-20. Cada una de las plantas incurre en un costo fijo anual que es independiente del nivel de producción de la planta. El costo fijo incluye depreciación, servicios públicos y los salarios y prestaciones de los empleados que trabajan en la administración general, programación, expedición, contabilidad, mantenimiento, etc. Cada planta que es capaz de producir Highcal o Relax incurre también en un costo fijo relacionado con el producto que es independiente de la cantidad de cada uno de los químicos

TABLA 6-19 Ventas por región y producción/capacidad por planta de Highcal y Relax en millones de kilogramos

			Highcal		*Relax*	
Región	*Planta*	*Capacidad*	*2005 Ventas*	*2005 Producción*	*2005 Ventas*	*2005 Producción*
América Latina	Brasil	18.0	7.0	11.0	7.0	7.0
Europa	Alemania	45.0	15.0	15.0	12.0	0.0
Asia sin Japón	India	18.0	5.0	10.0	3.0	8.0
Japón	Japón	10.0	7.0	2.0	8.0	0.0
México	México	30.0	3.0	12.0	3.0	18.0
Estados Unidos	Estados Unidos	22.0	18.0	5.0	17.0	17.0

[1]Este caso se inspiró en *Applichem (A),* Harvard Business School, Caso 9-685-051, 1985.

TABLA 6-20 Costos de producción fijos y variables en cada una de las plantas de BioPharma en 2005 (US$)

				Highcal		*Relax*	
Planta	*Costo fijo de la planta (millones $)*	*Costo fijo de Highcal (millones $)*	*Costo fijo de Relax (millones $)*	*Materia prima ($/kg)*	*Costo de producción ($/kg)*	*Materia prima ($/kg)*	*Costo de producción ($/kg)*
Brasil	20.0	5.0	5.0	3.6	5.1	4.6	6.6
Alemania	45.0	13.0	14.0	3.9	7.0	5.0	8.5
India	18.0	4.0	4.0	3.6	4.5	4.5	6.0
Japón	17.0	6.0	6.0	3.9	7.5	5.1	9.0
México	30.0	6.0	6.0	3.6	5.0	4.6	6.5
U.S.	21.0	5.0	5.0	3.6	5.0	4.5	6.5

producidos. El costo fijo relacionado con el producto incluye depreciación de equipo específico del químico y otros costos fijos mencionados que también son específicos. Si una planta mantiene la capacidad de producir un químico en particular, incurre en el costo fijo correspondiente al producto relacionado, incluso si el químico no se produce en la planta.

El costo de producción variable de cada químico está formado por dos componentes: materias primas y costos de producción. Se incurre en el costo variable de producción en proporción a la cantidad del químico producido e incluye mano de obra directa y desperdicio. Las plantas manejan varios niveles de producción. De hecho, también pueden estar ociosas un año, en cuyo caso sólo incurrirán en los costos fijos y en ninguno variable.

BioPharma transporta los químicos en contenedores especializados por mar y en camiones especiales por tierra. Los costos de transporte entre las plantas y los mercados se muestran en la tabla 6-21. Los tipos de cambio históricos se muestran en la tabla 6-22 y los derechos de importación regionales aparecen en la tabla 6-23. Dadas las alianzas de comercio regionales, los derechos de importación en realidad varían con base en el origen del químico. Por simplicidad, sin embargo, la fuerza de tarea ha supuesto que los derechos solo aplican en el destino. Se supone que la producción local dentro de cada región no genera derechos de importación. Por tanto, la producción de Brasil, Alemania e India se puede enviar a América Latina, Europa y el resto de Asia excluyendo a Japón, respectivamente, sin incurrir en el pago de

TABLA 6-21 Costos de transporte de las plantas a los mercados (US $/kg)

De/a	*América Latina*	*Europa*	*Asia sin Japón*	*Japón*	*México*	*Estados Unidos*
Brasil	0.20	0.45	0.50	0.50	0.40	0.45
Alemania	0.45	0.20	0.35	0.40	0.30	0.30
India	0.50	0.35	0.20	0.30	0.50	0.45
Japón	0.50	0.40	0.30	0.10	0.45	0.45
México	0.40	0.30	0.50	0.45	0.20	0.25
Estados Unidos	0.45	0.30	0.45	0.45	0.25	0.20

TABLA 6-22 Historial de los tipos de cambio en moneda/US $1 (al inicio de cada año)

	Real (Brasil)	*Euro (UE)*	*Rupia (India)*	*Yen (Japón)*	*Peso (México)*	*Dólar (Estados Unidos)*
2005	2.70	0.74	43.47	103.11	11.21	1.00
2004	2.90	0.80	45.60	107.00	11.22	1.00
2003	3.50	0.96	48.00	119.25	10.38	1.00
2002	2.30	1.11	48.27	131.76	9.12	1.00
2001	1.95	1.06	46.75	114.73	9.72	1.00
2000	1.81	0.99	43.55	102.33	9.48	1.00

TABLA 6-23 Aranceles de importación (porcentaje del valor del producto importado, incluyendo transporte)

América Latina	*Europa*	*Asia sin Japón*	*Japón*	*México*	*Estados Unidos*
30%	3%	27%	6%	35%	4%

derechos de importación. Los derechos aplican sólo a los costos de las materias primas, producción y transporte, y no en el componente de costo fijo. Por tanto, un producto que entra a América Latina con un costo de materia prima, producción y transporte de 10 dólares incurre en derechos de importación de 3 dólares.

OPCIONES DE LA RED BAJO CONSIDERACIÓN

El equipo de trabajo considera una variedad de opciones para su análisis. Una opción es mantener la red global con su estructura y capacidad actual. Otras opciones incluyen cerrar algunas plantas o limitar la capacidad de algunas plantas para producir sólo un químico. Cerrar una planta elimina todos los costos variables y ahorra 80% de los costos fijos anuales (el 20% restante considera los costos en que se incurre en relación con el cierre de la planta). De igual manera, si una planta está limitada a producir sólo un químico, la planta ahorra 80% del costo fijo asociado con ese químico en particular. Las dos opciones que se consideran con seriedad son el cierre de la planta en Japón y la limitación de la planta alemana a un solo químico.

PREGUNTAS

1. ¿Cómo debe utilizar BioPharma su red de producción en 2005? ¿Debería haber estado parada alguna de las plantas? ¿Cuál es el costo anual de su propuesta, incluyendo los derechos de importación?
2. ¿Cómo debe estructurar Phil su red de producción global? Suponga que el pasado es un indicador razonable del futuro en términos de los tipos de cambio.
3. ¿Existe alguna planta en la cual valdría la pena agregar un millón de kilogramos de capacidad adicional a un costo fijo de 3 millones de dólares por año?
4. ¿Cómo se ven afectadas sus recomendaciones por la reducción de los impuestos?
5. El análisis ha supuesto que cada planta tiene un rendimiento de 100% (porcentaje de producción de calidad aceptable). ¿Cómo modificaría su análisis para tener en consideración las diferencias en rendimiento a través de las plantas?
6. ¿Qué otro factor debe tomar en consideración para hacer sus recomendaciones?

PARTE III

PLANEACIÓN DE LA DEMANDA Y LA OFERTA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 7
PRONÓSTICO DE LA DEMANDA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 8
PLANEACIÓN AGREGADA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 9
PLANEACIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO: ADMINISTRACIÓN DE LA VARIABILIDAD PREDECIBLE

El objetivo de los tres capítulos de la parte III es explicar el significado de la planeación de la demanda y la oferta en una cadena de suministro, identificar las decisiones que forman parte del proceso de planeación y analizar las herramientas que emplean los gerentes de la cadena para planear. La planeación permite al gerente ser proactivo y administrar la demanda y la oferta para asegurar que se maximicen las utilidades.

Debido a que la mayoría de las decisiones sobre la cadena de suministro se basan en un estimado de la futura demanda, el capítulo 7 describe las metodologías que pueden emplearse para pronosticar aquélla con base en la información histórica de la demanda. Dado un pronóstico de demanda, el capítulo 8 describe la metodología de la planeación agregada que el gerente de la cadena de suministro puede usar para planear la producción, distribución y asignación de los recursos para el futuro cercano (en general, un trimestre o un año) estableciendo los equilibrios que correspondan entre capacidad, inventario y pedidos aplazados (backlog) a lo largo de la cadena. El capítulo 9 analiza cómo el gerente de la cadena puede planear los precios y las promociones para administrar la demanda del cliente en coordinación con la planeación de la producción y la distribución a lo largo de la cadena de suministro para maximizar las utilidades.

CAPÍTULO 7
PRONÓSTICO DE LA DEMANDA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender el papel del pronóstico tanto para la empresa como para la cadena de suministro.
2. Identificar los componentes del pronóstico de la demanda.
3. Pronosticar la demanda de una cadena de suministro dada la información histórica de la demanda empleando metodologías de series de tiempo.
4. Analizar los pronósticos de la demanda para estimar el error de pronóstico.

Los pronósticos de la demanda futura son esenciales para tomar decisiones sobre la cadena de suministro. En este capítulo explicamos de qué manera la información histórica de la demanda se puede emplear para pronosticar la demanda futura y cómo los pronósticos afectan a la cadena de suministro. Describimos varios métodos para pronosticar la demanda y estimar la precisión del pronóstico. Luego analizamos cómo se implementan estos métodos utilizando Excel.

7.1 EL PAPEL DEL PRONÓSTICO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Los pronósticos de la demanda forman la base de toda la planeación de la cadena de suministro. Considere el enfoque de empuje/tirón de la cadena, que se analizó en el capítulo 1. Todos los procesos de empuje en la cadena se realizan con anticipación a la demanda del cliente, mientras que todos los procesos de tirón se realizan en respuesta a la demanda del cliente. Para los procesos de empuje, el gerente debe planear el nivel de actividad, ya sea en la producción, el transporte o en cualquier otra actividad planeada. Para los procesos de tirón, el gerente debe planear el nivel de capacidad disponible y el inventario, pero no la cantidad real que será ejecutada. En ambos ejemplos, el primer paso que el gerente debe tomar es pronosticar cuál será la demanda del cliente.

Por ejemplo, Dell ordena componentes de computadoras personales con anticipación a los pedidos de los clientes, pero arma las computadoras en respuesta a éstos. Dell utiliza el pronóstico de la demanda futura para determinar la cantidad de componentes que debe tener a mano (un proceso de empuje) y para determinar la capacidad necesaria en sus plantas (para una producción de tirón). Más arriba en la cadena de suministro, Intel también necesita pronósticos para determinar sus propios niveles de producción e inventario. También, sus proveedores necesitan los pronósticos por la misma razón. Cuando cada etapa de la cadena de suministro realiza sus pronósticos por separado, por lo regular son muy diferentes. El resultado es un desajuste entre la oferta y la demanda. Cuando todas las etapas trabajan juntas para producir un pronóstico colaborativo, éste tiende a ser más preciso. Esta precisión permite a las cadenas de suministro tener mayor capacidad de respuesta y ser más eficientes para atender a sus clientes.

Los líderes de muchas cadenas, desde los fabricantes de computadoras personales hasta los minoristas que venden bienes empacados, han mejorado su habilidad para igualar la oferta con la demanda cuando realizan pronósticos colaborativos.

Por ejemplo, considere el valor del pronóstico colaborativo para Coca-Cola y sus embotelladores. Coca-Cola decide el momento de lanzar varias promociones con base en el pronóstico de la demanda durante el siguiente trimestre. Las decisiones relacionadas con la promoción son entonces incorporadas dentro de un pronóstico de la demanda actualizado, el cual es esencial para que los embotelladores planeen sus decisiones sobre la capacidad y la producción. Es improbable que un embotellador que opera sin un pronóstico actualizado con base en la promoción tenga el suficiente suministro disponible para Coca-Cola, lo que va en detrimento de las utilidades de la cadena.

Los productos maduros con demanda estable, como la leche o las toallas de papel, son fáciles de pronosticar. Tanto el pronóstico como las decisiones gerenciales que lo acompañan son en extremo difíciles cuando es altamente impredecible la oferta de la materia prima (commodity) o la demanda de los bienes terminados. Los bienes de moda y muchos de los productos de alta tecnología son ejemplos de artículos que son difíciles de pronosticar. Un buen pronóstico es muy importante en estos casos, ya que la ventana de tiempo para las ventas es muy corta. Si una compañía produce demasiado o muy poco, tiene escasas oportunidades para recuperarse. En contraste, para un producto con demanda estable, el impacto de un error en el pronóstico es menos significativo.

Antes de que empecemos un análisis a profundidad de los componentes de los pronósticos y los métodos para pronosticar en la cadena de suministro, enumeramos brevemente las características de los pronósticos que el gerente debe entender para diseñar y administrar de manera eficaz su cadena de suministro.

7.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRONÓSTICOS

Las compañías y los gerentes de las cadenas de suministro deben estar conscientes de las siguientes características de los pronósticos.

1. Los pronósticos siempre están equivocados y, por tanto, deben incluir tanto el valor esperado del pronóstico como una medida de error del mismo. Para entender la importancia de un error de pronóstico, considere a dos distribuidores de autos. Uno espera que las ventas fluctúen entre 100 y 1,900 unidades, mientras que el otro espera que sean entre 900 y 1,100 unidades. Aun cuando ambos distribuidores prevén un promedio de ventas de 1,000, las políticas de adquisición de cada uno deben ser muy diferentes, dada la diferencia en la precisión del pronóstico. Así, el error de pronóstico (o incertidumbre de la demanda) debe ser una información clave en la mayoría de las decisiones de la cadena de suministro. Desafortunadamente, la mayoría de las compañías no mantienen ningún estimado del error de pronóstico.

2. Los pronósticos a largo plazo son menos precisos que los de corto plazo; ello se debe a que los primeros tienen una desviación estándar mayor con relación a la media que los segundos. Seven-Eleven Japón ha explotado esta propiedad fundamental para mejorar su desempeño. La compañía ha instituido un proceso de reabastecimiento que le permite surtir un pedido en un par de horas. Por ejemplo, si el gerente de la tienda coloca un pedido a las 10 A.M., éste es entregado a las 7 P.M. del mismo día. Por tanto, el gerente sólo tiene que pronosticar lo que venderá esa noche, menos de 12 horas antes de la venta real. El tiempo de espera corto permite al gerente tomar en consideración la información actual, como el clima, lo cual podría afectar las ventas del producto. Es probable que este pronóstico sea más preciso que si el gerente tuviera que pronosticar la demanda con una semana de anticipación.

3. Los pronósticos agregados en general son más precisos que los desagregados, ya que tienden a tener una desviación estándar menor del error con relación a la media. Por ejemplo, es fácil

de pronosticar el Producto Interno Bruto (PIB) de Estados Unidos para un cierto año con un error menor a 2%. Sin embargo, es mucho más difícil pronosticar el ingreso anual de una compañía con ese error y aún más difícil pronosticar el ingreso de un producto dado con el mismo grado de precisión. La diferencia clave entre los tres pronósticos es el grado de agregación. El PIB es una agregación de muchas compañías y los ingresos de una compañía son agregaciones de diversas líneas de productos. Mientras más grande sea la agregación, más preciso será el pronóstico.

4. En general, mientras más arriba en la cadena esté una compañía (o más lejos del consumidor), mayor será la distorsión de la información que recibe. Un ejemplo clásico de esto es el efecto látigo (véase el capítulo 17), en el cual la variación del pedido se amplifica conforme los pedidos se alejan del cliente final. Como resultado, mientras más arriba en la cadena se encuentre una compañía, más grande será el error de pronóstico. El pronóstico colaborativo con base en las ventas al cliente ayuda a las compañías corriente arriba a reducir el error de pronóstico.

En la siguiente sección analizaremos los componentes básicos del pronóstico, explicando las cuatro clasificaciones dentro de las cuales caen los métodos de pronóstico, e introduciremos el concepto de error de pronóstico.

7.3 COMPONENTES DE UN PRONÓSTICO Y MÉTODOS PARA PRONOSTICAR

Yogi Berra, el ex catcher de los Yankees de Nueva York, famoso por dislates, una vez afirmó: “Las predicciones son difíciles en general, especialmente acerca del futuro”. Uno puede sentirse tentado a tratar el pronóstico de la demanda como magia o arte y dejar todo al azar. Lo que una compañía sabe acerca del comportamiento pasado de sus clientes arroja luz sobre su comportamiento futuro. La demanda no surge de la nada. Más bien, la demanda del cliente se ve influida por una serie de factores y puede ser pronosticada, al menos con cierta probabilidad, si la compañía puede determinar la relación entre estos factores y la demanda futura. Para pronosticar la demanda, las compañías deben identificar primero los factores que influyen en la demanda futura y luego establecer la relación entre ésta y dichos factores.

Las compañías deben equilibrar los factores objetivos y subjetivos al pronosticar la demanda. Aunque en este capítulo nos enfocamos en los métodos de pronóstico cuantitativos, las compañías deben incluir el aspecto humano al hacer su pronóstico final. Seven-Eleven Japón ilustra este punto.

Seven-Eleven Japón proporciona a sus gerentes de tienda un sistema muy avanzado de apoyo a las decisiones, que realiza un pronóstico de la demanda y proporciona un pedido recomendado. Sin embargo, el gerente es responsable de tomar la decisión final y colocar el pedido, ya que tiene acceso a información sobre las condiciones del mercado que no está disponible en la información de la demanda histórica. Por ejemplo, si el gerente sabe que es probable que el clima sea lluvioso y frío al día siguiente, quizá reduzca el tamaño del pedido de helados que va a solicitar al proveedor, incluso si la demanda hubiera sido alta durante los días anteriores, cuando el clima era cálido. En este ejemplo, un cambio en las condiciones del mercado (el clima) no hubiera podido pronosticarse recurriendo a la información de la demanda histórica. La cadena de suministro puede obtener beneficios sustanciales al mejorar el pronóstico de su demanda a través de información cualitativa proporcionada por seres humanos.

La compañía debe tener conocimiento de numerosos factores que están relacionados con el pronóstico de la demanda. Algunos de estos factores se enumeran a continuación.

- Demanda pasada
- Tiempo de entrega del producto
- Publicidad planeada o campañas de marketing

- Estado de la economía
- Descuentos de precio planeados
- Acciones que los competidores han tomado

La compañía debe entender tales factores para poder seleccionar una metodología de pronóstico adecuada. Por ejemplo, históricamente la compañía ha experimentado demanda baja de sopa de pollo con tallarines en el mes de julio y demanda alta en diciembre y enero. Si la empresa decide bajar el precio del producto en julio, la situación probablemente se modifique, y parte de la demanda futura pasará al mes de julio. La compañía debe hacer su pronóstico tomando en consideración este factor.

Los métodos de pronóstico se clasifican de acuerdo con lo siguiente.

1. ***Cualitativos****:* Los métodos cualitativos son principalmente subjetivos y se apoyan en el juicio humano. Son apropiados sobre todo cuando la información histórica no está disponible o existen muy pocos datos; o bien, cuando los expertos cuentan con resultados de investigación del mercado (market intelligence) que pueden afectar el pronóstico. Tales métodos pueden también ser necesarios para pronosticar la demanda a varios años en el futuro de una nueva industria.

2. ***Series de tiempo****:* Los métodos de pronóstico de series de tiempo utilizan la demanda histórica para hacer pronósticos. Se basan en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura. Estos métodos son más apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativamente de un año al siguiente. Son los métodos más simples de implementar y pueden servir como un buen punto de inicio para el pronóstico de la demanda.

3. ***Causal****:* Los métodos de pronóstico causales suponen que el pronóstico de la demanda está altamente correlacionado con ciertos factores en el ambiente (el estado de la economía, las tasas de interés, etc.). Los métodos de pronóstico causales encuentran esta correlación entre la demanda y los factores ambientales y recurren a estimados de lo que serán los factores ambientales para pronosticar la demanda futura. Por ejemplo, la fijación de precios de los productos está fuertemente relacionada con la demanda. Las compañías emplean los métodos causales para determinar el impacto de las promociones de precio en la demanda.

4. ***Simulación****:* Los métodos de pronóstico por simulación imitan las elecciones del cliente que dan origen a la demanda para llegar a un pronóstico. Al emplear la simulación, la compañía puede combinar los métodos de series de tiempo y causales para responder muchas preguntas como: ¿cuál sería el impacto de una promoción en precio? ¿Cuál sería el impacto de la apertura de una tienda competidora cercana? Las aerolíneas simulan el comportamiento de compra del cliente para pronosticar la demanda de asientos de tarifa alta, cuando no hay asientos disponibles de tarifa baja.

A la compañía le puede ser difícil decidir cuál método es el más apropiado para pronosticar. De hecho, varios estudios han indicado que emplear múltiples métodos de pronóstico para crear un pronóstico combinado es más efectivo que emplear cualquier otro solo.

En este capítulo nos ocuparemos principalmente de los métodos de series de tiempo, los cuales son más apropiados cuando la demanda futura está relacionada con la demanda histórica, los patrones de crecimiento y los patrones estacionales. Con cualquier método de pronóstico existe siempre el elemento aleatorio que no puede ser explicado con los patrones de la demanda histórica. Por tanto, cualquier demanda observada puede dividirse en un componente sistemático y otro aleatorio:

$$\text{Demanda observada } (O) = \text{componente sistemático } (S) + \text{componente aleatorio } (R)$$

El *componente sistemático* mide el valor esperado de la demanda y consiste en lo que llamamos *nivel*, la demanda desestacionalizada actual; *tendencia*, la tasa de crecimiento o descenso en la demanda para el periodo siguiente; y la *estacionalidad*, las fluctuaciones estacionales predecibles en la demanda.

El *componente aleatorio* es la parte del pronóstico que se desvía de la parte sistémica. Una compañía no puede (y no debe) pronosticar la dirección del componente aleatorio. Todo lo que la compañía puede pronosticar es el tamaño y la variabilidad del componente aleatorio, lo cual proporciona una medida del error de pronóstico. En promedio, un buen método de pronóstico tiene un error cuyo tamaño es comparable al componente aleatorio de la demanda. El gerente debe ser escéptico ante un método de pronóstico del que se afirme que no tiene error de pronóstico en la demanda histórica. En este caso, el método ha fusionado el componente aleatorio histórico con el componente sistemático. Como resultado, es probable que el método de pronóstico produzca un desempeño deficiente. El objetivo del pronóstico es filtrar y eliminar el componente aleatorio (ruido) y estimar el componente sistemático. El *error de pronóstico* mide la diferencia entre la demanda pronosticada y la actual.

7.4 MÉTODO BÁSICO PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA

El siguiente método de seis pasos ayuda a la organización a llevar a cabo un pronóstico efectivo.

1. Entender el objetivo del pronóstico.
2. Integrar la planeación y el pronóstico de la demanda en la cadena de suministro.
3. Entender e identificar los segmentos de clientes.
4. Identificar los principales factores que influyen en el pronóstico de la demanda.
5. Determinar la técnica apropiada de pronóstico.
6. Establecer medidas de desempeño y error para el pronóstico.

ENTENDER EL OBJETIVO DEL PRONÓSTICO

Todo pronóstico respalda las decisiones que se basan en él, de manera que un primer paso importante es identificar con claridad estas decisiones. Los ejemplos de tales decisiones incluyen qué cantidad producir de un producto en particular, cuánto inventario tener y qué tanto pedir. Todas las partes que intervienen en las decisiones de una cadena de suministro deben estar conscientes del vínculo entre la decisión y el pronóstico. Por ejemplo, los planes de Wal-Mart de asignar un descuento al precio del detergente durante el mes de julio se deben compartir con el fabricante, el transportista y otros que participan en satisfacer la demanda, pues todos ellos deben tomar decisiones que se ven afectadas por el pronóstico de la demanda. Todas las partes deben llegar con un pronóstico común para la promoción y un plan de acción compartido con base en el pronóstico. El no tomar estas decisiones de manera conjunta puede dar como resultado el exceso o la escasez del producto en varias etapas de la cadena de suministro.

INTEGRAR LA PLANEACIÓN Y EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La compañía debe vincular su pronóstico a todas las actividades de la cadena de suministro. Éstas incluyen la planeación de la capacidad, la planeación de la producción, la planeación de las promociones y las compras, entre otras. Este vínculo debe existir tanto en el sistema de información como en el nivel de la administración de los recursos humanos. Debido a que diversas funciones se ven afectadas por los resultados de los procesos de planeación, es importante que todas ellas se integren al proceso de elaboración de pronósticos. En un escenario desafortunadamente común, el minorista formula pronósticos con base en las actividades promocionales, mientras que el fabricante, ignorante de estas promociones, considera un pronóstico diferente para su planeación de la producción con base en los pedidos históricos. Esto lleva a un desajuste entre la oferta y la demanda, lo que da como resultado un servicio deficiente al cliente.

Para lograr la integración referida, es buena idea que la compañía tenga un equipo interfuncional, con miembros de cada función responsable afectada para pronosticar la demanda, e incluso una mejor idea es tener a miembros de varias compañías de la cadena de suministro trabajando juntos para crear un pronóstico.

ENTENDER E IDENTIFICAR LOS SEGMENTOS DE CLIENTES

La compañía debe identificar los segmentos de clientes que la cadena atiende. Los clientes pueden agruparse por similitudes en los requerimientos de servicio, volúmenes de demanda, frecuencia de los pedidos, volatilidad de la demanda, estacionalidad, etc. En general, las compañías pueden valerse de distintos métodos de pronóstico para diferentes segmentos. Un entendimiento claro de los segmentos de clientes facilita un método preciso y simplificado para pronosticar.

IDENTIFICAR LOS PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA

A continuación, la compañía debe identificar la demanda, la oferta y los fenómenos relacionados con el producto que influyen en el pronóstico de la demanda. En lo que a ésta concierne, la compañía debe asegurar si está creciendo, está disminuyendo o si tiene un patrón estacional. Estos estimados deben basarse en la demanda, no en la información de las ventas. Por ejemplo, un supermercado promocionó cierta marca de cereal en julio de 2007. Como resultado, la demanda de este cereal fue alta mientras que la de los otros fue baja. Por esta razón, el supermercado no debe emplear la información de las ventas de 2007 para estimar que la demanda de ese cereal será alta en julio de 2008, ya que esto ocurrirá sólo si la misma marca se vuelve a promocionar en julio de 2008 y las otras marcas responden como lo hicieron el año anterior. Al realizar el pronóstico de la demanda, el supermercado debe entender cuál habría sido la demanda en ausencia de la actividad de promoción y cómo se ve afectada la demanda por las promociones y acciones de la competencia. Una combinación de estos tipos de información permitirá al supermercado pronosticar la demanda para julio de 2008, dada la actividad de promoción planeada para ese año.

En lo que concierne a la oferta, la compañía debe considerar las fuentes de abastecimiento disponibles para decidir sobre la precisión del pronóstico deseado. Si las fuentes de suministro alternativas con tiempos de espera cortos están disponibles, puede que no sea especialmente importante un pronóstico muy preciso. Sin embargo, si sólo está disponible un proveedor con cierto tiempo de espera, cobrará gran valor un pronóstico preciso.

En lo que se refiere al producto, la firma debe conocer el número de variantes de éste que están a la venta y si dichas variantes se sustituyen o se complementan entre sí. Si la demanda de un producto influye o es influenciada por la demanda de otro producto, los dos pronósticos son mejores en conjunto. Por ejemplo, cuando una compañía introduce una versión mejorada del producto existente, es probable que la demanda de éste disminuya debido a que nuevos clientes comprarán la versión mejorada. Aunque el descenso en la demanda del producto original no se indica en la información histórica, la demanda histórica sigue siendo útil porque permite a la compañía estimar la demanda total combinada de las dos versiones. Por supuesto, la demanda de los dos productos debe pronosticarse de manera conjunta.

DETERMINAR LA TÉCNICA APROPIADA DE PRONÓSTICO

Al seleccionar una técnica de pronóstico apropiada, la compañía debe primero entender las dimensiones que son relevantes para el pronóstico. Entre éstas están el área geográfica, los grupos de productos y los grupos de clientes. La compañía debe entender las diferencias en la demanda respecto a cada una de las dimensiones, y probablemente necesite diferentes pronósticos y técnicas para cada dimensión. En esta etapa, la compañía selecciona el método de pronóstico adecuado entre los cuatro métodos analizados con anterioridad: cualitativo, series de tiempo, causal o simulación. Como mencionamos previamente, es más eficaz utilizar una combinación de estos métodos.

ESTABLECER MEDIDAS DE DESEMPEÑO Y ERROR PARA EL PRONÓSTICO

Las compañías deben establecer medidas claras de desempeño para evaluar la precisión y la oportunidad del pronóstico. Estas medidas deben correlacionarse estrechamente con los obje-

tivos de las decisiones del negocio que se basan en estos pronósticos. Por ejemplo, considere una compañía de ventas por catálogo que se vale de un pronóstico para colocar pedidos con sus proveedores en la cadena de suministro. Los proveedores tardan dos meses en enviar los pedidos; por esta razón, la compañía debe asegurarse de que el pronóstico sea realizado dos meses antes de iniciar la temporada de ventas. Al término de ésta, la compañía debe comparar la demanda real con la pronosticada para estimar la precisión del pronóstico y poner en práctica planes para reducir los futuros errores de pronóstico o responder a los observados.

En la siguiente sección analizamos las técnicas de pronóstico por series de tiempo estáticas y adaptativas.

7.5 MÉTODOS PARA PRONOSTICAR POR SERIES DE TIEMPO

La meta de cualquier método de pronóstico es predecir el componente sistemático de la demanda y estimar el componente aleatorio. En su forma más general, el componente sistemático de la información de la demanda contiene un nivel, una tendencia y un factor estacional. La ecuación para calcular el componente sistemático puede adoptar una variedad de formas como se muestra a continuación.

- ***Multiplicativo**:* componente sistemático = nivel × tendencia × factor estacional
- ***Aditivo**:* componente sistemático = nivel + tendencia + factor estacional
- ***Mixto**:* componente sistemático = (nivel + tendencia) × factor estacional

La forma específica del componente sistemático aplicable a un pronóstico dado depende de la naturaleza de la demanda. Las compañías pueden desarrollar tanto el método de pronóstico estático como adaptativo para cada forma. Ahora describiremos ambos métodos.

MÉTODOS ESTÁTICOS

Un método estático supone que los estimados del nivel, tendencia y estacionalidad dentro del componente sistemático no varían conforme se observa la nueva demanda. En este caso, estimamos cada uno de estos parámetros con base en la información histórica y luego utilizamos los mismos valores para todos los pronósticos futuros. En esta sección analizamos el método de pronóstico estático para emplearlo cuando la demanda tiene una tendencia y un componente estacional. Suponemos que el componente sistemático de la demanda es mixto, esto es,

Componente sistemático = (nivel + tendencia) × factor estacional

Un método similar puede aplicarse a todas las demás formas. Empezamos con algunas definiciones básicas:

L = estimado del nivel a $t = 0$ (el estimado de la demanda desestacionalizada durante el periodo $t = 0$)
T = estimado de la tendencia (incremento o decremento en la demanda por periodo)
S_t = estimado del factor estacional para el periodo t
D_t = demanda real observada en el periodo t
F_t = pronóstico de la demanda para el periodo t

En el modelo de pronóstico estático, el pronóstico en el periodo t para la demanda en el periodo $t + l$ está dado por

$$F_{t+l} = [L + (t + l)T]S_{t+l} \quad \textbf{(7.1)}$$

Ahora describimos un método para estimar los tres parámetros L, T, y S. Como ejemplo, consideremos la demanda de la sal de grano empleada para derretir nieve. Esta sal es producida

TABLA 7-1 Demanda trimestral de Tahoe Salt

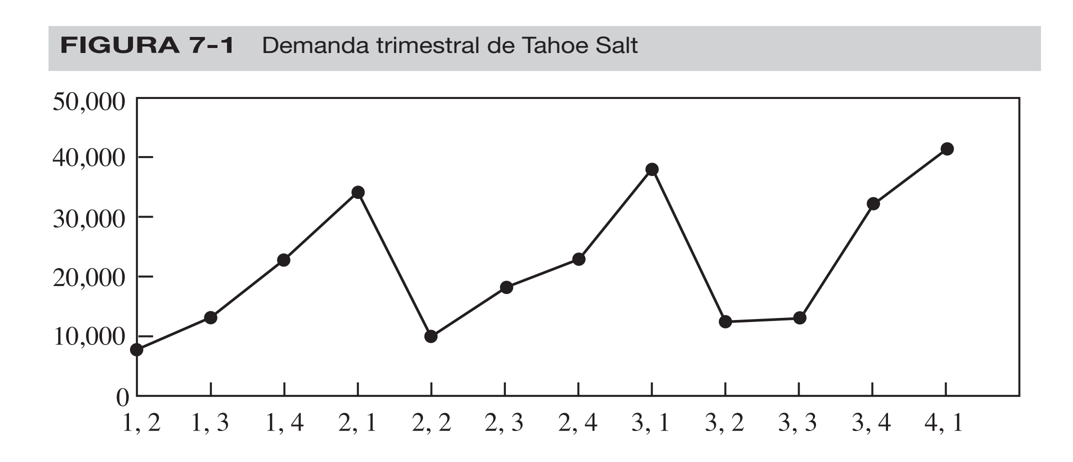
Año	*Trimestre*	*Periodo, t*	*Demanda, D_t*
1	2	1	8,000
1	3	2	13,000
1	4	3	23,000
2	1	4	34,000
2	2	5	10,000
2	3	6	18,000
2	4	7	23,000
3	1	8	38,000
3	2	9	12,000
3	3	10	13,000
3	4	11	32,000
4	1	12	41,000

por una compañía llamada Tahoe Salt, la cual vende la sal a través de varios minoristas independientes alrededor del área de Lake Tahoe en las montañas de la Sierra Nevada. En el pasado, Tahoe Salt se ha apoyado en los estimados de la demanda de una muestra de sus minoristas, pero la compañía ha observado que éstos siempre sobreestiman sus compras, dejando a la compañía (e incluso a algunos minoristas) con un exceso de inventario. Después de una junta con sus vendedores minoristas, Tahoe ha decidido producir un pronóstico colaborativo. Tahoe quiere trabajar con los minoristas para crear un pronóstico más preciso con base en las ventas reales de sal en los comercios minoristas. La información de la demanda por trimestre durante los tres años pasados se muestra en la tabla 7-1 y se grafica en la figura 7-1.

En la figura 7-1 observamos que la demanda de sal es estacional, y que se incrementa desde el segundo trimestre de cualquier año hasta el primer trimestre del año siguiente. El segundo trimestre de cada año tiene la demanda más baja. Cada ciclo dura cuatro trimestres, y el patrón de la demanda se repite cada año. Existe también una tendencia en el crecimiento de la demanda, con incrementos en las ventas durante los tres últimos años. La compañía estima que el crecimiento continuará en el año que viene a tasas históricas. Ahora describimos cómo cada uno de los tres parámetros, nivel, tendencia y factores estacionales, pueden ser estimados. Los siguientes dos pasos son necesarios para hacer esta estimación:

1. Desestacionalizar la demanda y ejecutar regresiones lineales para estimar el nivel y la tendencia.
2. Estimar los factores estacionales.

FIGURA 7-1 Demanda trimestral de Tahoe Salt



Estimación del nivel y la tendencia

El objetivo de este paso es estimar el nivel en el periodo 0 y la tendencia. Comenzamos por *desestacionalizar* los datos de la demanda. La *demanda desestacionalizada* representa aquella que se habría observado en ausencia de fluctuaciones estacionales. La *periodicidad p* es el número de periodos después de los cuales el ciclo estacional se repite. Para la demanda de Tahoe Salt, el patrón se repite cada año. Dado que estamos midiendo la demanda con una base trimestral, la periodicidad de la demanda en la tabla 7-1 es $p = 4$.

Para asegurar que a cada estación se le dé un peso igual cuando se desestacionaliza la demanda, tomamos el promedio de p periodos consecutivos de la demanda. El promedio de la demanda del periodo $l + 1$ al periodo $l + p$ proporciona la demanda desestacionalizada para el periodo $l + (p + 1)/2$. Si p es impar, este método proporciona la demanda desestacionalizada para un periodo existente. Si p es par, proporciona la demanda desestacionalizada en un punto entre el periodo $l + (p/2)$ y $l + 1 + (p/2)$. Al tomar el promedio de la demanda desestacionalizada proporcionado por los periodos $l + 1$ a $l + p$ y $l + 2$ a $l + p + 1$, obtenemos la demanda desestacionalizada para el periodo $l + 1 + (p/2)$. El procedimiento para obtener la demanda desestacionalizada, $\overline{D}_t$, para el periodo t se formula de la siguiente manera:

$$\overline{D}_t = \begin{cases} \left[D_{t-(p/2)} + D_{t+(p/2)} + \sum_{i=t+1-(p/2)}^{t-1+(p/2)} 2D_i \right] \Big/ 2p \text{ para } p \text{ par} \\ \sum_{i=t-(p/2)}^{t+(p/2)} D_i/p \text{ para } p \text{ impar} \end{cases} \tag{7.2}$$

En nuestro ejemplo, $p = 4$ es par. Para $t = 3$, obtenemos la demanda desestacionalizada empleando la ecuación 7.2 como sigue:

$$\overline{D}_3 = \left[D_{t-(p/2)} + D_{t+(p/2)} + \sum_{i=t+1-(p/2)}^{t-1+(p/2)} 2D_i \right] \Big/ 2p = \left[D_1 + D_5 + \sum_{i=2}^{4} 2D_i \right] \Big/ 8$$

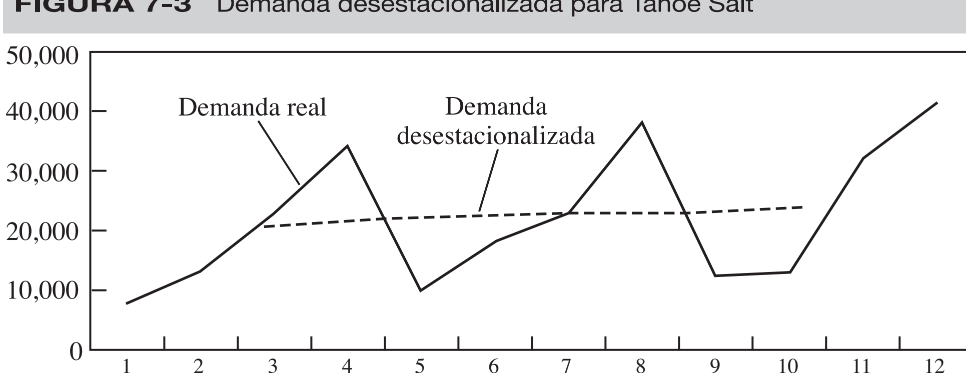
Con este procedimiento podemos obtener la demanda desestacionalizada entre los periodos 3 y 10 como se muestra en las figuras 7-2 y 7-3.

FIGURA 7-2 Hoja de cálculo de Excel con demanda desestacionalizada para Tahoe Salt

	A	B	C
1	*Periodo t*	*Demanda D_t*	*Demanda desestacionalizada*
2	1	8,000	
3	2	13,000	
4	3	23,000	19,750
5	4	34,000	20,625
6	5	10,000	21,250
7	6	18,000	21,750
8	7	23,000	22,500
9	8	38,000	22,125
10	9	12,000	22,625
11	10	13,000	24,125
12	11	32,000	
13	12	41,000	

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
C4	=(B2+B6+2*SUM(B3:B5))/8	7.2	C5:C11

FIGURA 7-3 Demanda desestacionalizada para Tahoe Salt



La siguiente relación lineal existe entre la demanda desestacionalizada, $\overline{D}_t$, y el tiempo t, con base en el cambio de la demanda con el tiempo.

$$\overline{D}_t = L + Tt \quad \textbf{(7.3)}$$

Observe que la ecuación 7.3, $\overline{D}_t$ representa la demanda desestacionalizada y no la demanda real en el periodo t, L representa el *nivel* o demanda desestacionalizada en el periodo 0, y T representa la tasa de crecimiento de la demanda desestacionalizada o *tendencia*. Podemos estimar los valores de L y T para la demanda desestacionalizada utilizando la regresión lineal con la demanda desestacionalizada (en la figura 7-2) como la variable dependiente y el tiempo como la variable independiente. Tal regresión puede ser calculada empleando Microsoft Excel (Herramientas | Análisis de datos | Regresión [Tools | Data Analysis | Regression]). Esta secuencia de comandos abre el cuadro de diálogo Regresión en Excel. Para la hoja de cálculo de Tahoe Salt en la figura 7-2, en el cuadro de diálogo resultante introducimos

Rango de entrada Y = C4:C11
Rango de entrada X = A4:A11

y hacemos clic en el botón Aceptar, lo cual abrirá una nueva hoja con los resultados de la regresión. Esta nueva hoja contiene los estimados tanto para el nivel inicial L y la tendencia T. El nivel inicial, L, se obtiene como el *coeficiente del intercepto* y la tendencia T se obtiene como el *coeficiente variable X* (o la pendiente) de la hoja que contiene los resultados de la regresión. Para el ejemplo de Tahoe Salt, obtenemos $L = 18{,}439$ y $T = 524$. Para este ejemplo, la demanda desestacionalizada $\overline{D}_t$, para cualquier periodo t está dada por

$$\overline{D}_t = 18{,}439 + 524t \quad \textbf{(7.4)}$$

Observe que no es apropiado calcular una regresión lineal entre la información de la demanda original y el tiempo para estimar el nivel y la tendencia, ya que la información de la demanda original no es lineal y la regresión lineal resultante no será precisa. La demanda debe desestacionalizarse antes de calcular la regresión.

Estimación de los factores estacionales

Podemos ahora obtener la demanda desestacionalizada para cada periodo empleando la ecuación 7-4. El factor estacional $\overline{S}_t$, para el periodo t es la razón de la demanda real D_t a la demanda desestacionalizada $\overline{D}_t$ y está dada por

$$\overline{S}_t = \frac{D_i}{\overline{D}_t} \quad \textbf{(7.5)}$$

Para el ejemplo de Tahoe Salt, la demanda desestacionalizada estimada empleando la ecuación 7.4 y los factores estacionales estimados utilizando la ecuación 7. 5 se muestran en la figura 7-4.

FIGURA 7-4 Demanda desestacionalizada y los factores estacionales para Tahoe Salt

	A	B	C	D
1	Periodo t	Demanda D_t	Demanda desestacionalizada (Ecua. 7.4) $\bar{D}_t$	Factor estacional (Ecua. 7.5) $\bar{S}_t$
2	1	8,000	18,963	0.42
3	2	13,000	19,487	0.67
4	3	23,000	20,011	1.15
5	4	34,000	20,535	1.66
6	5	10,000	21,059	0.47
7	6	18,000	21,583	0.83
8	7	23,000	22,107	1.04
9	8	38,000	22,631	1.68
10	9	12,000	23,155	0.52
11	10	13,000	23,679	0.55
12	11	32,000	24,203	1.32
13	12	41,000	24,727	1.66

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
C2	=18439+A2*524	7.4	C3:C13
D2	=B2/C2	7.5	D3:D13

Dada la periodicidad, p, obtenemos el factor estacional de un periodo dado mediante el promedio de los factores estacionales que corresponden a periodos similares. Por ejemplo, si tenemos una periodicidad $p = 4$, los periodos 1, 5 y 9 tendrán factores estacionales similares. El factor estacional para estos periodos se obtiene como el promedio de estos tres factores estacionales. Dados r ciclos estacionales en los datos, para todos los periodos de la forma $pt + i$, $1 \leq i \leq p$ obtenemos el factor estacional como

$$S_i = \frac{\sum_{j=0}^{r-1} \bar{S}_{jp+i}}{r} \tag{7.6}$$

Para el ejemplo de Tahoe Salt, un total de 12 periodos, y una periodicidad de $p = 4$ implica que existen $r = 3$ ciclos estacionales en la información. Obtenemos los ciclos estacionales utilizando la ecuación 7.6 como

$$S_1 = (\bar{S}_1 + \bar{S}_5 + \bar{S}_9)/3 = (0.42 + 0.47 + 0.52)/3 = 0.47$$
$$S_2 = (\bar{S}_2 + \bar{S}_6 + \bar{S}_{10})/3 = (0.67 + 0.83 + 0.55)/3 = 0.68$$
$$S_3 = (\bar{S}_3 + \bar{S}_7 + \bar{S}_{11})/3 = (1.15 + 1.04 + 1.32)/3 = 1.17$$
$$S_4 = (\bar{S}_4 + \bar{S}_8 + \bar{S}_{12})/3 = (1.66 + 1.68 + 1.66)/3 = 1.67$$

En esta etapa, hemos estimado el nivel, la tendencia y todos los factores estacionales. Podemos ahora obtener el pronóstico para los siguientes cuatro trimestres por medio de la ecuación 7.1. En el ejemplo, el pronóstico para los siguientes cuatro periodos empleando el método de pronóstico estático está dado por

$$F_{13} = (L + 13T)S_{13} = (18{,}439 + 13 \times 524)0.47 = 11{,}868$$
$$F_{14} = (L + 14T)S_{14} = (18{,}439 + 14 \times 524)0.68 = 17{,}527$$
$$F_{15} = (L + 15T)S_{15} = (18{,}439 + 15 \times 524)1.17 = 30{,}770$$
$$F_{16} = (L + 16T)S_{16} = (18{,}439 + 16 \times 524)1.67 = 44{,}794$$

Tahoe Salt y sus minoristas ahora tienen un pronóstico más preciso de la demanda. Si no se compartiese la información de venta directa al cliente (sell-through) entre los minoristas y el fabricante, la cadena tendría un pronóstico menos preciso y resultaría una variedad de ineficiencias en la producción y el inventario.

PRONÓSTICO ADAPTATIVO

En el pronóstico adaptativo, los estimados del nivel, la tendencia y la estacionalidad se actualizan después de cada observación de la demanda. Ahora analizamos un marco básico y varios métodos que se pueden emplear para este tipo de pronóstico. El marco es proporcionado en su configuración más general, cuando el componente sistemático de los datos de la demanda contiene un nivel, una tendencia y un factor estacional. El marco que presentamos es para el caso en el cual el componente sistemático tiene una forma mixta. Sin embargo, puede ser fácilmente modificado para los otros dos casos. El marco puede ser también especializado para el caso en el cual el componente sistemático no tiene estacionalidad o tendencia. Suponemos que tenemos un conjunto de datos históricos para n periodos y que la demanda es estacional con periodicidad p. Dado que los datos son trimestrales, donde el patrón se repite cada año, tenemos una periodicidad de $p = 4$.

Empezamos por definir los términos:

L_t = estimado del nivel al final del periodo t
T_t = estimado de la tendencia al final del periodo t
S_t = estimado del factor estacional para el periodo t
F_t = pronóstico de la demanda para el periodo t (realizado en el periodo $t - 1$ o antes)
D_t = demanda real observada en el periodo t
E_t = error de pronóstico en el periodo t

En los métodos adaptativos, el pronóstico para el periodo $t + l$ en el periodo t está dado por

$$F_{t+l} = (L_t + lT_t)S_{t+l} \quad \textbf{(7.7)}$$

Los cuatro pasos en el marco del pronóstico adaptativo son los siguientes.

1. ***Inicializar:*** Calcular los estimados iniciales del nivel (L_0), tendencia (T_0) y factores estacionales ($S_1,\ldots, S_p$) a partir de los datos dados. Esto se lleva a cabo exactamente como en el método de pronóstico estático analizado con anterioridad en el capítulo.
2. ***Pronóstico:*** Dados los estimados en el periodo t, se pronostica la demanda para el periodo $t + 1$ empleando la ecuación 7.7. Nuestro primer pronóstico es para el periodo 1 y se realiza con los estimados del nivel, tendencia y factor estacional en el periodo 0.
3. ***Error estimado:*** Registra la demanda real D_{t+1} para el periodo $t + 1$ y calcula el error E_{t+1} en el pronóstico para el periodo $t + 1$ como la diferencia entre la demanda pronosticada y real. El error para el periodo $t + 1$ se define así

$$E_{t+1} = F_{t+1} - D_{t+1} \quad \textbf{(7.8)}$$

4. ***Modificar los estimados:*** Modificar los estimados del nivel (L_{t+1}), tendencia (T_{t+1}) y factores estacionales (S_{t+p+1}), dado el error E_{t+1} en el pronóstico. Es deseable que la modificación sea tal que si la demanda es más baja que el pronóstico, los estimados se revisen hacia abajo mientras que si es más alta que la pronosticada, los estimados se revisen hacia arriba.

Los estimados revisados en el periodo $t + 1$ se emplean para construir un pronóstico para el periodo $t + 2$ y los pasos 2, 3 y 4 se repiten hasta que todos los datos históricos hasta el periodo n se hayan cubierto. Los estimados del periodo n se emplean entonces para pronosticar la demanda futura.

Ahora podemos analizar varios métodos de pronóstico adaptativos. El método más apropiado depende de la característica de la demanda y de la composición del componente sistemático de la demanda. En cada uno de los casos, suponemos que el periodo bajo consideración es t.

Promedio móvil

El método del promedio móvil se emplea cuando la demanda no tiene tendencia o estacionalidad observables. En este caso,

$$\text{Componente sistemático de la demanda} = \text{nivel}$$

En este método, el nivel en el periodo t se estima como la demanda promedio durante los periodos N más recientes. Esto representa un promedio móvil de periodos N y se evalúa de la manera siguiente:

$$L_t = (D_t + D_{t-1} + \ldots + D_{t-N+1})/N \quad \textbf{(7.9)}$$

El pronóstico actual para todos los periodos futuros es el mismo y se basa en el estimado actual del nivel. El pronóstico es formulado como

$$F_{t+1} = L_t \quad \text{y} \quad F_{t+n} = L_t \quad \textbf{(7.10)}$$

Después de observar la demanda para el periodo $t + 1$, revisamos los estimados como sigue:

$$L_{t+1} = (D_{t+1} + D_t + \ldots + D_{t-N+2})/N, \quad F_{t+2} = L_{t+1}$$

Para calcular el nuevo promedio móvil, simplemente agregamos la última observación y quitamos la más antigua. El promedio móvil revisado sirve en el siguiente pronóstico. El promedio móvil corresponde a dar igual peso a los últimos periodos N de información al pronosticar e ignorar toda la información anterior a este nuevo promedio móvil. Conforme incrementamos N, el promedio móvil es menos sensible a la demanda observada más recientemente. Ilustramos el uso del promedio móvil en el ejemplo 7-1.

Ejemplo 7-1 Un supermercado ha experimentado una demanda semanal de leche de 120, 127, 114 y 122 galones durante las últimas cuatro semanas. Pronostiquemos la demanda para el periodo 5 empleando un promedio móvil de cuatro periodos. ¿Cuál es el error de pronóstico si la demanda en el periodo 5 resulta ser 125 galones?

Análisis: Realizamos el pronóstico para el periodo 5 al final del periodo 4. Por tanto, suponemos que el periodo actual es $t = 4$. Nuestro primer objetivo es estimar el nivel en el periodo 4. Empleando la ecuación 7.9 con $N = 4$, obtenemos

$$L_4 = (D_4 + D_3 + D_2 + D_1)/4 = (120 + 127 + 114 + 122)/4 = 120.75$$

El pronóstico de la demanda para el periodo 5, empleando la ecuación 7.10, se expresa como

$$F_5 = L_4 = 120.75 \text{ galones}$$

Como la demanda en el periodo 5, D_5, es de 125 galones, tenemos un error de pronóstico para el periodo 5 de

$$E_5 = F_5 - D_5 = 125 - 120.75 = 4.25$$

Después de observar la demanda en el periodo 5, el estimado revisado del nivel para el periodo 5 está dado por

$$L_5 = (D_5 + D_4 + D_3 + D_2)/4 = (127 + 114 + 122 + 125)/4 = 122$$

Suavizamiento exponencial simple

El método de suavizamiento exponencial simple es el más apropiado cuando la demanda no tiene una tendencia o estacionalidad observable. En este caso,

$$\text{Componente sistemático de la demanda} = \text{nivel}$$

Se toma el estimado inicial del nivel, L_0, para que sea el promedio de los datos históricos, ya que se ha supuesto que la demanda no tiene una tendencia o estacionalidad observable. Dados los datos de la demanda para los periodos 1 al n, tenemos lo siguiente:

$$L_0 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} D_i \quad \textbf{(7.11)}$$

El pronóstico actual para todos los periodos futuros es igual al estimado actual del nivel y está dado por

$$F_{t+1} = L_t \quad \text{y} \quad F_{t+n} = L_t \quad \textbf{(7.12)}$$

Después de observar la demanda D_{t+1} para el periodo $t + 1$, revisamos el estimado del nivel como sigue:

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1 - \alpha)L_t \quad \textbf{(7.13)}$$

donde α es una constante de suavizamiento para el nivel, $0 < \alpha < 1$. El valor revisado del nivel es un promedio ponderado del valor observado del nivel (D_{t+1}) en el periodo $t + 1$ y antiguo estimado del nivel (L_t) en el periodo t. Empleando la ecuación 7.13, podemos expresar el nivel de un periodo dado como una función de la demanda actual y el nivel en el periodo anterior. Por tanto podemos reescribir la ecuación 7.13 como

$$L_{t+1} = \sum_{n=0}^{t-1} \alpha(1 - \alpha)^n D_{t+1-n} + (1 - \alpha)^t D_1$$

El estimado actual del nivel es un promedio ponderado de todas las observaciones pasadas de la demanda, con ponderaciones más altas para las observaciones recientes que para las antiguas. Un valor más alto de α corresponde a un pronóstico más sensible a las observaciones recientes, mientras que un valor inferior de α representa un pronóstico más estable menos sensible a las observaciones recientes. Ilustramos el uso del suavizamiento exponencial en el ejemplo 7-2.

Ejemplo 7-2 Consideremos el supermercado del ejemplo 7-1, donde la demanda de leche ha sido de 120, 127, 114 y 122 galones en las últimas cuatro semanas. Pronosticar la demanda para el periodo 1 empleando el suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.1$.

Análisis: En este caso tenemos los datos de la demanda para $n = 4$ periodos. Empleando la ecuación 7.11, el estimado inicial del nivel está expresado por

$$L_0 = \sum_{i=1}^{4} D_i = 120.75$$

El pronóstico para el periodo 1 (empleando la ecuación 7.1) está dado por

$$F_1 = L_0 = 120.75$$

La demanda observada para el periodo 1 es $D_1 = 120$. El error de pronóstico para el periodo 1 está dado por

$$E_1 = F_1 - D_1 = 120.75 - 120 = 0.75$$

Con $\alpha = 0.1$, el estimado revisado del nivel para el periodo 1 empleando la ecuación 7.13 está dado por

$$L_1 = \alpha D_1 + (1 - \alpha)L_0 = 0.1 \times 120 + 0.9 \times 120.75 = 120.68$$

Observe que el estimado del nivel para el periodo 1 es menor que para el periodo 0, ya que la demanda en el periodo 1 es menor que el pronóstico para el periodo 1. Al continuar de esta manera, obtenemos $F_3 = 121.31$, $F_4 = 120.58$ y $F_5 = 120.72$. Por tanto, el pronóstico para el periodo 5 es 120.72.

Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (modelo de Holt)

El método del suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (modelo de Holt) es adecuado cuando se supone que la demanda tiene un nivel y una tendencia en el componente sistemático pero no estacionalidad. En este caso, tenemos

$$\text{Componente sistemático de la demanda} = \text{nivel} + \text{tendencia}$$

Obtenemos el estimado inicial del nivel y la tendencia al calcular la regresión lineal entre la demanda D_t y el periodo t de la forma

$$D_t = at + b$$

En este caso, realizar una regresión lineal entre la demanda y los periodos es adecuado, ya que supusimos que la demanda tiene tendencia pero no estacionalidad. La relación subyacente entre la demanda y el tiempo es lineal. La constante b mide el estimado de la demanda en el pe-

riodo $t = 0$ y es nuestro estimado del nivel inicial L_0. La pendiente a mide la tasa de cambio en la demanda por periodo y es nuestra estimación inicial de la tendencia T_0.

En el periodo t, dados los estimados del nivel L_t y la tendencia T_t, el pronóstico para los periodos futuros se expresa como

$$F_{t+1} = L_t + T_t \qquad \text{y} \qquad F_{t+n} = L_t + nT_t \tag{7.14}$$

Después de observar la demanda para el periodo t, revisamos los estimados para el nivel y la tendencia de la siguiente manera:

$$L_{t+1} = \alpha D_{t+1} + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \tag{7.15}$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t \tag{7.16}$$

donde α es una constante de suavizamiento para el nivel, $0 < \alpha < 1$, y β es una constante de suavizamiento para la tendencia, $0 < \beta < 1$. Observe que en cada una de las dos actualizaciones, el estimado revisado (del nivel o la tendencia) es un promedio ponderado del valor observado y del estimado anterior. Ilustramos el uso del modelo de Holt en el ejemplo 7-3.

Ejemplo 7-3 Un fabricante de aparatos electrónicos ha notado que la demanda de su reciente reproductor de MP3 se incrementó en los últimos seis meses. La demanda observada (en miles) ha sido de 8,415, 8,732, 9,014, 9,808, 10,413 y 11,961. Pronosticar la demanda para el periodo 7 empleando el suavizamiento exponencial con corrección por tendencia con $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$.

Análisis: El primer paso es obtener los estimados iniciales del nivel y la tendencia empleando la regresión lineal. Primero realizamos una regresión lineal (valiéndonos de la herramienta Regresión de Excel, Herramientas | Análisis de datos | Regresión) entre la demanda y los periodos. El estimado del nivel L_0 inicial se obtiene como el *coeficiente del intercepto* y la tendencia T_0 se obtiene como el *coeficiente variable X* (o la pendiente). Para los datos del reproductor MP3, tenemos

$$L_0 = 7{,}367 \quad \text{y} \quad T_0 = 673$$

El pronóstico para el periodo 1 (empleando la ecuación 7.14) está dado por

$$F_1 = L_0 + T_0 = 7{,}367 + 673 = 8{,}040$$

La demanda observada para el periodo 1 es $D_1 = 8{,}415$. El error para el periodo 1 está dado por

$$E_1 = F_1 - D_1 = 8{,}040 - 8{,}415 = -375$$

Con $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$, el estimado revisado del nivel y la tendencia para el periodo 1 empleando las ecuaciones 7.15 y 7.16 está dado por

$$L_1 = \alpha D_1 + (1 - \alpha)(L_0 + T_0) = 0.1 \times 8{,}415 + 0.9 \times 8{,}040 = 8{,}078$$
$$T_1 = \beta(L_1 - L_0) + (1 - \beta)T_0 = 0.2 \times (8{,}078 - 7{,}367) + 0.8 \times 673 = 681$$

Observe que el estimado inicial para la demanda en el periodo 1 es muy alto. Como resultado, nuestras actualizaciones han incrementado el estimado del nivel para el periodo 1 de 8,040 a 8,078 y el estimado de la tendencia de 673 a 681. Utilizando la ecuación 7.14, obtenemos el siguiente pronóstico para el periodo 2:

$$F_2 = L_1 + T_1 = 8{,}078 + 681 = 8{,}759$$

Continuando de esta manera, obtenemos $L_2 = 8{,}755$, $T_2 = 680$, $L_3 = 9{,}393$, $T_3 = 672$, $L_4 = 10{,}039$, $T_4 = 666$, $L_5 = 10{,}676$, $T_5 = 661$, $L_6 = 11{,}399$, $T_6 = 673$. Esto nos da un pronóstico para el periodo 7 de

$$F_7 = L_6 + T_6 = 11{,}399 + 673 = 12{,}072$$

Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia y estacionalidad (modelo de Winter)

Este método es adecuado cuando el componente sistemático de la demanda tiene un nivel, una tendencia y un factor estacional. En este caso tenemos

$$\text{Componente sistemático de la demanda} = (\text{nivel} + \text{tendencia}) \times \text{factor estacional}$$

Supongamos que la periodicidad de la demanda es p. Para empezar, necesitamos los estimados iniciales del nivel (L_0), tendencia (T_0) y los factores estacionales ($S_1,\ldots,S_p$). Obtenemos estos estimados empleando el procedimiento para el pronóstico estático descrito previamente en el capítulo.

En el periodo t, dados los estimados del nivel, L_t, tendencia, T_t y los factores estacionales, $S_t,\ldots S_{t+p-1}$, el pronóstico para los periodos futuros está dado por

$$F_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t+1} \quad \text{y} \quad F_{t+l} = (L_t + lT_t)S_{t+l} \tag{7.17}$$

Al observar la demanda para el periodo $t + 1$ revisamos los estimados para el nivel, la tendencia y los factores estacionales de la siguiente manera:

$$L_{t+1} = \alpha(D_{t+1}/S_{t+1}) + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \tag{7.18}$$

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta)T_t \tag{7.19}$$

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1}/L_{t+1}) + (1 - \gamma)S_{t+1} \tag{7.20}$$

donde α es una constante de suavizamiento para el nivel, $0 < \alpha < 1$; β es una constante de suavizamiento para la tendencia, $0 < \beta < 1$; y γ es una constante de suavizamiento para el factor estacional, $0 < \gamma < 1$. Observe que en cada una de las actualizaciones (nivel, tendencia o factor estacional), el estimado revisado es un promedio ponderado del valor observado y del estimado anterior. Ilustramos el uso del modelo de Winter en el ejemplo 7.4.

Ejemplo 7-4 Consideremos los datos de la demanda para Tahoe Salt de la tabla 7-1. Pronostiquemos la demanda para el periodo 1 valiéndonos del modelo de suavizamiento exponencial con corrección por tendencia y estacionalidad con $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$, $\gamma = 0.1$.

Análisis: Podemos obtener los estimados iniciales del nivel, tendencia y factores estacionales exactamente como en el caso estático. Éstos se expresan de la siguiente manera:

$$L_0 = 18{,}439 \quad T_0 = 524 \quad S_1 = 0.47 \quad S_2 = 0.68 \quad S_3 = 1.17 \quad S_4 = 1.67$$

El pronóstico para el periodo 1 (usando la ecuación 7.17) está dado por

$$F_1 = (L_0 + T_0)S_1 = (18{,}439 + 524)0.47 = 8{,}913$$

La demanda observada para el periodo 1 es $D_1 = 8{,}000$. El error de pronóstico para el periodo 1 está dado por

$$E_1 = F_1 - D_1 = 8{,}913 - 8{,}000 = 913$$

Con $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$, $\gamma = 0.1$, el estimado revisado del nivel y la tendencia para el periodo 1 y el factor estacional para el periodo 5, empleando las ecuaciones 7.18, 7.19 y 7.20, está dado por

$$L_1 = \alpha(D_1/S_1) + (1 - \alpha)(L_0 + T_0)$$
$$= 0.1 \times (8{,}000/0.47) + 0.9 \times (18{,}439 + 524) = 18{,}769$$
$$T_1 = \beta(L_1 - L_0) + (1 - \beta)T_0 = 0.2 \times (18{,}769 - 18{,}439) + 0.8 \times 524 = 485$$
$$S_5 = \gamma(D_1/L_1) + (1 - \gamma)S_1 = 0.1(8{,}000/18{,}769) + 0.9 \times 0.47 = 0.47$$

El pronóstico de la demanda para el periodo 2 (utilizando la ecuación 7.17) está dado por

$$F_2 = (L_1 + T_1)S_2 = (18{,}769 + 485)0.68 = 13{,}093$$

Los métodos de pronóstico que hemos analizado, junto con las situaciones en las cuales son aplicables, son los siguientes:

Método de pronóstico	*Aplicable a*
Promedio móvil	Sin tendencia o estacionalidad
Suavizamiento exponencial simple	Sin tendencia o estacionalidad
Modelo de Holt	Con tendencia sin estacionalidad
Modelo de Winter	Con tendencia y estacionalidad

Si Tahoe Salt emplea un método de pronóstico adaptativo para los datos de venta directa al cliente (sell-through) de sus minoristas, el modelo de Winter es la mejor opción, ya que su demanda esperada experimenta tanto tendencia como estacionalidad.

Si no sabemos de qué manera Tahoe Salt experimenta tanto la tendencia como la estacionalidad, ¿cómo vamos a averiguarlo? El error de pronóstico ayuda a identificar los ejemplos en los cuales el método de pronóstico utilizado es inapropiado. En la siguiente sección describimos cómo el gerente puede estimar y emplear el error de pronóstico.

7.6 MEDIDAS DEL ERROR DEL PRONÓSTICO

Como se mencionó previamente, cada caso de demanda tiene un componente aleatorio. Un buen método de pronóstico debe captar el componente sistemático de la demanda pero no el aleatorio. Este último se manifiesta en sí mismo en la forma de un error de pronóstico, el cual contiene información valiosa que debe analizarse con sumo cuidado por dos razones:

1. Los gerentes utilizan el análisis de error para determinar si el método de pronóstico actual predice con precisión el componente sistemático de la demanda. Por ejemplo, si el pronóstico produce de manera consistente un error positivo, el pronóstico está sobrestimando el componente sistemático por lo que deberá corregirse.

2. Todos los planes de contingencia deben considerar el error de pronóstico. Por ejemplo, consideremos una compañía de ventas por catálogo con dos proveedores. El primero está en el Lejano Oriente y tiene un tiempo de espera de dos meses. El segundo es local y puede surtir los pedidos con una semana de anticipación. El segundo es más caro que el primero. La compañía quiere contratar cierta cantidad de capacidad de contingencia con el proveedor local para utilizarla en caso de que la demanda supere la cantidad que el proveedor del Lejano Oriente suministra. La decisión respecto a la cantidad de la capacidad local que deberá contratarse está estrechamente unida al tamaño del error del pronóstico.

En tanto los errores observados estén dentro de los estimados históricos, las compañías pueden continuar utilizando su método de pronóstico actual. Encontrar un error que esté más allá de los estimados históricos puede indicar que el método de pronóstico que se emplea ya no es apropiado. Si todos los pronósticos de la compañía tienden consistentemente a subestimar o a sobrestimar la demanda, puede ser señal de que es tiempo de cambiar el método de pronóstico.

Como se definió con anterioridad, el error de pronóstico para el periodo t está dado por E_t, donde se sostiene lo siguiente:

$$E_t = F_t - D_t$$

Esto es, el error en el periodo t es la diferencia entre el pronóstico para el periodo t y la demanda real en el mismo periodo. Es importante que el gerente estime el error de un pronóstico realizado por lo menos con la misma antelación que el tiempo de espera requerido, para que el gerente pueda emprender cualquier acción para la cual se usará el pronóstico. Por ejemplo, si el pronóstico se empleará para determinar el tamaño de un pedido y el tiempo de espera del proveedor es de seis meses, el gerente debe estimar el error para un pronóstico realizado seis meses antes de que surja la demanda. En una situación en la que hay seis meses de espera, no tiene sentido estimar los errores para un pronóstico realizado con un mes de anticipación.

Una medida del pronóstico de error es el *error cuadrático medio* (MSE, por sus siglas en inglés), donde se sostiene lo siguiente:

$$MSE_n = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} E_t^2 \tag{7.21}$$

El MSE se relaciona con la varianza del error de pronóstico. En efecto, estimamos que el componente aleatorio de la demanda tiene una media de 0 y una varianza de MSE.

La definición de *desviación absoluta* en el periodo t, A_t, es el valor absoluto del error en el periodo t; esto es,

$$A_t = |E_t|$$

La definición de *desviación absoluta media* (MAD, por sus siglas en inglés) es el promedio de la desviación absoluta durante todos los periodos, esto es,

$$MAD_n = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} A_t \tag{7.22}$$

Esta fórmula se utiliza para estimar la desviación estándar del componente aleatorio suponiendo que éste se encuentra distribuido normalmente. En este caso la desviación estándar del componente aleatorio es

$$\sigma = 1.25\, MAD \tag{7.23}$$

Luego estimamos que la media del componente aleatorio es 0 y que la desviación estándar del componente aleatorio de la demanda es σ.

El *error medio absoluto porcentual (*MAPE, por sus siglas en inglés) es el error absoluto promedio, expresado como porcentaje de la demanda y está dado por

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{E_t}{D_t}\right|100}{n} \tag{7.24}$$

Para determinar si el método de pronóstico constantemente sobrestima o subestima la demanda, podemos utilizar la suma de los errores de pronóstico para evaluar la tendencia, donde se sostiene lo siguiente:

$$Bias_n = \sum_{t=1}^{n} E_t \tag{7.25}$$

El sesgo fluctuará alrededor de 0 si el error es en verdad aleatorio y no se sesga hacia un lado o el otro. Idealmente, si graficamos todos los errores, la pendiente de una línea recta que pase por ellos deberá ser 0.

La *señal de rastreo* (TS, por sus siglas en inglés) es el cociente entre el sesgo y la MAD y está dada por

$$TS_t = \frac{bias_t}{MAD_t} \tag{7.26}$$

Si la TS en algún periodo está fuera del rango de ± 6, esto es una señal de que el pronóstico tiene sesgo y está subpronosticando ($TS < -6$) o sobrepronosticando ($TS > +6$). En este caso, la compañía debe optar por elegir un nuevo método de pronóstico. Un caso en el cual resultará una gran TS negativa es cuando la demanda tiene una tendencia de crecimiento y el gerente está empleando un método de pronóstico como el promedio móvil. Debido a que la tendencia no está incluida, el promedio histórico de la demanda es siempre menor que la demanda futura. La TS negativa detecta que el método de pronóstico consistentemente subestima la demanda y alerta al gerente.

7.7 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA EN TAHOE SALT

Recordemos el ejemplo de Tahoe Salt, con los datos históricos de la demanda de los clientes de sus minoristas, que se muestra en la tabla 7-1. Los datos de la demanda también se muestran en la columna B de la figura 7-5. Tahoe Salt está negociando en la actualidad los contratos con los proveedores para los cuatro trimestres entre el segundo trimestre del año 4 y el primer trimestre del año 5. Un dato importante en esta negociación es el pronóstico de la demanda que Tahoe Salt y sus minoristas están construyendo de manera colaborativa. Han asignado a un equipo

FIGURA 7-5 Pronóstico de Tahoe Salt utilizando el promedio móvil de cuatro periodos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Periodo t	Demanda D_t	Nivel L_t	Pronóstico F_t	Error E_t	Error absoluto A_t	Error cuadrático MSE_t	MAD_t	Error %	$MAPE_t$	TS_t
2	1	8,000									
3	2	13,000									
4	3	23,000									
5	4	34,000	19,500								
6	5	10,000	20,000	19,500	9,500	9,500	90,250,000	9,500	95	95	1.00
7	6	18,000	21,250	20,000	2,000	2,000	47,125,000	5,750	11	53	2.00
0	7	23,000	21,250	21,250	-1,750	1,750	32,437,500	4,417	0	30	2.21
9	8	38,000	22,250	21,250	-16,750	16,750	94,468,750	7,500	44	39	-0.93
10	9	12,000	22,750	22,250	10,250	10,250	96,587,500	8,050	85	49	0.40
11	10	13,000	21,500	22,750	9,750	9,750	96,333,333	8,333	75	53	1.56
12	11	32,000	23,750	21,500	-10,500	10,500	98,321,429	8,643	33	50	0.29
13	12	41,000	24,500	23,750	-17,250	17,250	123,226,563	9,719	42	49	-1.52

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
C6	=Average(B3:B6)	7.9	C7:C13
D6	=C5	7.10	D7:D13
E6	=D6-B6	7.8	E7:E13
F6	=Abs(E6)		F7:F13
G6	=Sumsq($E$6:E6)/(A6-4)	7.21	G7:G13
H6	=Sum($F$6:F6)/(A6-4)	7.22	H7:H13
I6	=100*(F6/B6)		I7:I13
J6	=Average($I$6:I6)	7.24	J7:J13
K6	=Sum($E$6:E6)/ H6	7.26	K7:K13

que consta de dos gerentes de ventas de los minoristas y el vicepresidente de operaciones de Tahoe Salt para llegar a este pronóstico. El equipo decide aplicar a los datos históricos cada uno de los métodos de pronóstico adaptativos analizados en el capítulo. Su meta es seleccionar el método más adecuado y usarlo para pronosticar la demanda de los próximos cuatro trimestres. El equipo decide seleccionar el método de pronóstico con base en los errores que resultan cuando cada método se emplea en los 12 trimestres de los datos de la demanda histórica.

La demanda en este caso claramente tiene una tendencia y una estacionalidad en el componente sistemático. Por tanto, el equipo espera que el modelo de Winter produzca el mejor pronóstico.

PROMEDIO MÓVIL

El equipo de pronóstico decide primero probar el promedio móvil de cuatro periodos para el pronóstico. Todos los cálculos se muestran en la figura 7-5 y se analizan en la sección sobre el método del promedio móvil de este capítulo. El equipo utiliza la ecuación 7.3 para estimar el nivel y la ecuación 7.4 para pronosticar la demanda.

Como se indicó en la columna K de la figura 7-5, la TS está bien dentro del rango ± 6, lo cual indica que el pronóstico que utiliza el promedio móvil de cuatro periodos no contiene ningún

sesgo significativo. Sin embargo, tiene una MAD de 9,719 y un MAPE de 49%. De la figura 7-5 observamos que

$$L_{12} = 24{,}500$$

Por tanto, al usar el promedio móvil de cuatro periodos, el pronóstico para los periodos 13 a 16 (ecuación 7.10) está dado por

$$F_{13} = F_{14} = F_{15} = F_{16} = L_{12} = 24{,}500$$

Dado que la MAD es 9,719, el estimado de la desviación estándar del error de pronóstico, empleando el promedio móvil para cuatro periodos, es $1.25 \times 9{,}719 = 12{,}148$. En este caso, la desviación estándar del error de pronóstico es grande en comparación con el tamaño del pronóstico.

SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE

El equipo de pronóstico a continuación utiliza el método de suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.1$ para pronosticar la demanda. Este método también se prueba en los 12 trimestres de los datos históricos. Empleando la ecuación 7.11, el equipo estima que el nivel inicial para el periodo 0 será la demanda promedio de los periodos 1 al 12. El nivel inicial es el promedio de los datos de la demanda en las celdas B2 a B14 de la figura 7.6 y resulta en

$$L_0 = 22{,}083$$

El equipo luego utiliza la ecuación 7.12 para pronosticar la demanda para el siguiente periodo. El estimado del nivel es actualizado en cada periodo utilizando la ecuación 7.13. Los resultados se muestran en la figura 7-6.

Como indica la TS, que oscila entre −1.38 y 2.25, el pronóstico que se obtiene utilizando el suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.1$ no indica ningún sesgo significativo. Sin embargo, tiene una MAD relativamente grande de 10,208 y un MAPE de 59%. De la figura 7-6 observamos que

$$L_{12} = 23{,}490$$

Por tanto, el pronóstico para los siguientes cuatro trimestres (utilizando la ecuación 7.12) está dado por

$$F_{13} = F_{14} = F_{15} = F_{16} = L_{12} = 23{,}490$$

En este caso, MAD_{12} es 10,208 y $MAPE_{12}$ es 59%. Por tanto, la desviación estándar estimada del error de pronóstico recurriendo al suavizamiento exponencial simple es $1.25 \times 10{,}208 = 12{,}761$. En este caso, la desviación estándar del error de pronóstico es bastante grande en comparación con el tamaño del pronóstico.

SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL CON CORRECCIÓN POR TENDENCIA (MODELO DE HOLT)

A continuación, el equipo investiga el uso del modelo de Holt. En este caso, el componente sistemático de la demanda está dado por

$$\text{Componente sistemático de la demanda} = \text{nivel} + \text{tendencia}$$

El equipo aplica la metodología analizada anteriormente. Como primer paso, estiman el nivel en el periodo 0 y la tendencia inicial. Como se describió en el ejemplo 7-3, este estimado se obtiene al calcular la regresión lineal entre la demanda, D_t y el tiempo, periodo t. A partir de la regresión de los datos disponibles, el equipo obtiene lo siguiente:

$$L_0 = 12{,}015 \qquad \text{y} \qquad T_0 = 1{,}549$$

Ahora el equipo aplica el modelo de Holt con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.2$ para obtener los pronósticos para cada uno de los 12 trimestres para los cuales hay datos disponibles de la demanda. El pronóstico se realiza utilizando la ecuación 7.14, se actualiza el nivel utilizando la ecuación 7.15 y se actualiza la tendencia utilizando la ecuación 7.16. Los resultados se muestran en la figura 7-7.

FIGURA 7-6 Pronósticos de Tahoe Salt empleando el suavizamiento exponencial simple

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Periodo t	Demanda D_t	Nivel L_t	Pronóstico F_t	Error E_t	Error absoluto A_t	Error cuadrático medio MCE_t	MAD_t	Error %	$MAPE_t$	TS_t
2	0		22,083								
3	1	8,000	20,675	22,083	14,083	14,083	198,340,278	14,083	176	176	1
4	2	13,000	19,908	20,675	7,675	7,675	128,622,951	10,879	59	118	2
5	3	23,000	20,217	19,908	-3,093	3,093	88,936,486	8,284	13	83	2
6	4	34,000	21,595	20,217	-13,783	13,783	114,196,860	9,659	41	72	0.51
7	5	10,000	20,436	21,595	11,595	11,595	118,246,641	10,046	116	81	1.64
8	6	18,000	20,192	20,436	2,436	2,436	99,527,532	8,777	14	70	2.15
9	7	23,000	20,473	20,192	-2,808	2,808	86,435,714	7,925	12	62	2.03
10	8	38,000	22,226	20,473	-17,527	17,527	114,031,560	9,125	46	60	-0.16
11	9	12,000	21,203	22,226	10,226	10,226	112,979,315	9,247	85	62	0.95
12	10	13,000	20,383	21,203	8,203	8,203	108,410,266	9,143	63	63	1.86
13	11	32,000	21,544	20,383	-11,617	11,617	110,824,074	9,368	36	60	0.58
14	12	41,000	23,490	21,544	-19,456	19,456	133,132,065	10,208	47	59	-1.38

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
C3	=0.1*B3+(1-0.1)*C2	7.11	C4:C14
D3	=C2	7.12	D4:D14
E3	=D3-B3	7.8	E4:E14
F3	=Abs(E3)		F4:F14
G3	=Sumsq($E$3:E3)/A3	7.21	G4:G14
H3	=Sum($F$3:F3)/A3	7.22	H4:H14
I3	=100*(F3/B3)		I4:I14
J3	=Average($I$3:I3)	7.24	J4:J14
K3	=Sum($E$3:E3)/H3	7.26	K4:K14

Como se indica por TS que varía entre −1.90 y 2.00, el suavizamiento exponencial con corrección por tendencia con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.2$ no parece que sobrepronostique o subpronostique de manera significativa. Sin embargo, el pronóstico tiene una MAD bastante grande de 8,836 y un MAPE de 52%. De la figura 7-7, observemos que

$$L_{12} = 30{,}443 \qquad \text{y} \qquad T_{12} = 1{,}541$$

Por tanto, utilizando el modelo de Holt (ecuación 7.14), el pronóstico de los siguientes cuatro periodos está dado así:[1]

$$F_{13} = L_{12} + T_{12} = 30{,}443 + 1{,}541 = 31{,}984$$
$$F_{14} = L_{12} + 2T_{12} = 30{,}443 + 2 \times 1{,}541 = 33{,}525$$
$$F_{15} = L_{12} + 3T_{12} = 30{,}443 + 3 \times 1{,}541 = 35{,}066$$
$$F_{16} = L_{12} + 4T_{12} = 30{,}443 + 4 \times 1{,}541 = 36{,}607$$

[1]Como resultado del redondeo, los cálculos realizados con sólo dígitos significativos mostrados en el texto pudieran dar un resultado diferente. Esto ocurre a lo largo del libro.

FIGURA 7-7 Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Periodo t	Demanda D_t	Nivel L_t	Tenden-cia T_t	Pronóstico F_t	Error E_t	Error abso-luto A_t	Error cuadrático medio MCE_t	MAD_t	Error %	$MAPE_t$	TS_t
2	0		12,015	1,549								
3	1	8,000	13,008	1,438	13,564	5,564	5,564	30,958,096	5,564	70	70	1
4	2	13,000	14,301	1,409	14,445	1,445	1,445	16,523,523	3,505	11	40	2
5	3	23,000	16,439	1,555	15,710	-7,290	7,290	28,732,318	4,767	32	37	0
6	4	34,000	19,594	1,875	17,993	-16,007	16,007	85,603,146	7,577	47	39.86	-2.15
7	5	10,000	20,322	1,645	21,469	11,469	11,469	94,788,701	8,355	115	54.83	-0.58
8	6	18,000	21,570	1,566	21,967	3,967	3,967	81,613,705	7,624	22	49.36	-0.11
9	7	23,000	23,123	1,563	23,137	137	137	69,957,267	6,554	1	42.30	-0.11
10	8	38,000	26,018	1,830	24,686	-13,314	13,314	83,369,836	7,399	35	41.48	-1.90
11	9	12,000	26,262	1,513	27,847	15,847	15,847	102,010,079	8,338	132	51.54	0.22
12	10	13,000	26,298	1,217	27,775	14,775	14,775	113,639,348	8,981	114	57.75	1.85
13	11	32,000	27,963	1,307	27,515	-4,485	4,485	105,137,395	8,573	14	53.78	1.41
14	12	41,000	30,443	1,541	29,270	-11,730	11,730	107,841,864	8,836	29	51.68	0.04

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
C3	=0.1*B3+(1-0.1)*(C2+D2)	7.15	C4:C14
D3	=0.2(C3-C2)+(1-0.2)D2	7.16	D4:D14
E3	=C2+D2	7.14	E4:E14
F3	=E3-B3	7.8	F4:F14
G3	=Abs(F3)		G4:G14
H3	=Sumsq($F$3:F3)/A3	7.21	H4:H14
I3	=Sum($F$3:F3)/A3	7.22	I4:I14
J3	=100*(G3/B3)		J4:J14
K3	=Average($J$3:J3)	7.24	K4:K14
L3	=Sum($G$3:G3)/I3	7.26	L4:L14

En este caso, MAD = 8,836. Por tanto, el estimado de la desviación estándar del error de pronóstico empleando el modelo de Holt con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.2$ es $1.25 \times 8{,}836 = 11{,}045$. En este caso, la desviación estándar del error de pronóstico relativo al tamaño del pronóstico es ligeramente más pequeña de lo que fue con los dos métodos previos. Sin embargo, todavía sigue siendo grande.

SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL CON CORRECCIÓN POR TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD (MODELO DE WINTER)

A continuación, el equipo investiga el uso del modelo de Winter para realizar el pronóstico. Como primer paso, estima el nivel y la tendencia para el periodo 0, y los factores estacionales para los periodos 1 a $p = 4$. Para comenzar, desestacionaliza la demanda. Luego, estima el nivel inicial y la tendencia al realizar una regresión entre la demanda desestacionalizada y el tiempo.

FIGURA 7-8 Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia y estacionalidad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Periodo t	Demanda D_t	Nivel L_t	Tendencia T_t	Factor estacional S_t	Pronóstico F_t	Error E_t	Error absoluto A_t	Error cuadrático medio MCE_t	MAD_t	Error %	$MAPE_t$	TS_t
2			18,439	524									
3	1	8,000	18,866	514	0.47	8,913	913	913	833,957	913	11	11.41	1.00
4	2	13,000	19,367	513	0.68	13,179	179	179	432,367	546	1	6.39	2.00
5	3	23,000	19,869	512	1.17	23,260	260	260	310,720	450	1	4.64	3.00
6	4	34,000	20,380	512	1.67	34,036	36	36	233,364	347	0	3.50	4.00
7	5	10,000	20,921	515	0.47	9,723	-277	277	202,036	333	3	3.36	3.34
8	6	18,000	21,689	540	0.68	14,558	-3,442	3,442	2,143,255	851	19	5.90	-2.74
9	7	23,000	22,102	527	1.17	25,981	2,981	2,981	3,106,508	1,155	13	6.98	0.56
10	8	38,000	22,636	528	1.67	37,787	-213	213	2,723,856	1,037	1	6.18	0.42
11	9	12,000	23,291	541	0.47	10,810	-1,190	1,190	2,578,653	1,054	10	6.59	-0.72
12	10	13,000	23,577	515	0.69	16,544	3,544	3,544	3,576,894	1,303	27	8.66	2.14
13	11	32,000	24,271	533	1.16	27,849	-4,151	4,151	4,818,258	1,562	13	9.05	-0.87
14	12	41,000	24,791	532	1.67	41,442	442	442	4,432,987	1,469	1	8.39	-0.63
15	13				0.47	11,940							
16	14				0.68	17,579							
17	15				1.17	30,930							
18	16				1.67	44,928							

Celda	Fórmula de la celda	Ecuación	Copiada a
C3	=0.05*(B3/E3)+(1-0.05)*(C2+D2)	7.18	C4:C14
D3	=0.1*(C3-C2)+(1-0.1)*D2	7.19	D4:D14
E7	=0.1*(B3/C3)+(1-0.1)*E3	7.20	E4:E18
F3	=(C2+D2)*E3	7.17	F4:F18
G3	=F3-B3	7.8	G4:G14
H3	=Abs(G3)		H4:H14
I3	=Sumsq($G$3:G3)/A3	7.21	I4:I14
J3	=Sum($H$3:H3)/A3	7.22	J4:J14
K3	=100*(H3/B3)		K4:K14
L3	=Average($K$3:K3)	7.24	L4:L14
M3	=Sum($G$3:G3)/J3	7.26	M4:M14

Esta información se utiliza para estimar los factores estacionales. Para los datos de la demanda de la figura 7-2, como se analizó en el ejemplo 7-4, el equipo obtiene lo siguiente:

$$L_0 = 18{,}439 \qquad T_0 = 524 \qquad S_1 = 0.47 \qquad S_2 = 0.68 \qquad S_3 = 1.17 \qquad S_4 = 1.67$$

Luego aplica el modelo de Winter con $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.1$, $\gamma = 0.1$ para obtener los pronósticos. Todos los cálculos se muestran en la figura 7-8. El equipo realiza los pronósticos empleando la ecuación 7.17, actualiza el nivel empleando la ecuación 7.18, actualiza la tendencia utilizando la ecuación 7.19 y actualiza los factores estacionales usando la ecuación 7.20.

En este caso, la MAD de 1,469 y el MAPE de 8% son significativamente más pequeños que en cualquier otro de los métodos. De la figura 7-8 observamos que

$$L_{12} = 24{,}791 \qquad T_{12} = 532 \qquad S_{13} = 0.47 \qquad S_{14} = 0.68$$
$$S_{15} = 1.17 \qquad S_{16} = 1.67$$

TABLA 7-2 Estimados de error para el pronóstico de Tahoe Salt

Método de pronóstico	*MAD*	*MAPE (%)*	*Rango de TS*
Promedio móvil de cuatro periodos	9,719	49	–1.52 a 2.21
Suavizamiento exponencial simple	10,208	59	–1.38 a 2.25
Modelo de Holt	8,836	52	–2.15 a 1.85
Modelo de Winter	1,469	8	–2.74 a 4.00

Empleando el modelo de Winter (ecuación 7.17), el pronóstico para los siguientes cuatro periodos es

$$F_{13} = (L_{12} + T_{12})S_{13} = (24{,}791 + 532) \times 0.47 = 11{,}940$$
$$F_{14} = (L_{12} + 2T_{12})S_{14} = (24{,}791 + 2 \times 532) \times 0.68 = 17{,}579$$
$$F_{15} = (L_{12} + 3T_{12})S_{15} = (24{,}791 + 3 \times 532) \times 1.17 = 30{,}930$$
$$F_{16} = (L_{12} + 4T_{12})S_{16} = (24{,}791 + 4 \times 532) \times 1.67 = 44{,}928$$

En este caso, MAD = 1,469. Por tanto, el estimado de la desviación estándar del error de pronóstico empleando el modelo de Winter con $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.1$ y $\gamma = 0.1$ es $1.25 \times 1{,}469 = 1{,}836$. En este caso, la desviación estándar del error de pronóstico relativo al pronóstico de la demanda es mucho más pequeña que con los otros métodos.

El equipo compila los estimados de error de los cuatro métodos de pronóstico como se muestra en la tabla 7-2.

Con base en la información del error de la tabla 7-2, el equipo decide emplear el modelo de Winter. No es de sorprender que el modelo de Winter produzca el pronóstico más preciso, ya que los datos de la demanda tiene tanto una tendencia de crecimiento como estacionalidad. Al emplear el modelo de Winter, el equipo pronostica la siguiente demanda para los siguientes cuatro trimestres:

Segundo trimestre, año 4: 11,940
Tercer trimestre, año 4: 17,579
Cuarto trimestre, año 4: 30,930
Quinto trimestre, año 5: 44,928

La desviación estándar del error de pronóstico es 1,836.

7.8 EL PAPEL DE LA TI EN EL PRONÓSTICO

Existe un papel para la TI en el pronóstico, en virtud de la gran cantidad de datos que se utiliza, la frecuencia con la cual se lleva a cabo el pronóstico y la importancia de obtener los resultados de la más alta calidad posible. El módulo de pronóstico dentro del sistema de TI de la cadena de suministro, con frecuencia llamado *módulo de planeación de la demanda*, es el producto de software central de la cadena. Existen varias ventajas importantes para utilizar las capacidades de TI en el pronóstico.

Los módulos comerciales de planeación de la demanda vienen con una variedad de algoritmos para el pronóstico, que pueden ser muy avanzados y a veces son patentados. Estas metodologías con frecuencia dan un pronóstico más preciso que lo que se hubiera producido a través del uso de un paquete general como Excel. La mayoría de las aplicaciones de planeación de la demanda facilitan probar varios de los algoritmos de pronóstico con información histórica para determinar el que se ajusta mejor a los patrones de demanda observados. La disponibilidad de una variedad de opciones es importante debido a que los diferentes algoritmos de pronóstico proporcionan distintos niveles de calidad, dependiendo de los patrones de la demanda real. El sistema de TI puede, por tanto, ser empleado para determinar mejor los métodos de pronóstico no sólo para toda la compañía, sino también para las categorías de producto y mercados.

Un buen paquete de pronóstico proporciona pronósticos a través de una amplia variedad de productos que son actualizados en tiempo real al incorporar cualquier nueva información sobre la demanda. Esto ayuda a las compañías a responder con más rapidez a los cambios en el mercado y a evitar los costos de una reacción tardía. Los buenos módulos de planeación de la demanda vinculan no sólo los pedidos de los clientes sino que también suelen vincular directamente la información de ventas a los clientes, incorporando así el dato más actual al pronóstico de la demanda. Mucho del progreso en áreas como la planeación colaborativa se debe a las innovaciones en TI que permiten el intercambio y la incorporación de los pronósticos entre las compañías.

Por último, como el nombre *planeación de la demanda* indica, estos módulos facilitan la determinación de la demanda. Los buenos módulos de planeación de la demanda incluyen herramientas para realizar análisis condicionales respecto al impacto de los cambios potenciales de los precios sobre la demanda. Estas herramientas ayudan a analizar el impacto de las promociones sobre la demanda y pueden emplearse para determinar la extensión y el momento oportuno de la promoción.

Mantengamos en mente que ninguna de estas herramientas es infalible. Prácticamente todos los pronósticos están siempre equivocados. Un buen sistema de TI debe ayudar a dar seguimiento a los errores de pronóstico históricos de manera que puedan ser incorporados en las decisiones futuras. Un pronóstico bien estructurado, junto con una medida del error, puede mejorar de manera significativa la toma de decisiones. Incluso con todas estas herramientas complejas, a veces es mejor apoyarse en la intuición humana al realizar el pronóstico. Uno de los escollos de estas herramientas es el apoyarse demasiado en ellas, lo cual elimina el elemento humano en el pronóstico. Use los pronósticos y el valor que proporciona, pero recuerde que éstos no pueden tomar en cuenta algunos de los aspectos más cualitativos de la demanda futura que usted debería ser capaz de hacer por su propia cuenta.

Los módulos de pronóstico están disponibles en la mayoría de las compañías de software de cadena de suministro, incluyendo las compañías ERP como SAP y Oracle, así como en los mejores participantes del mercado, como i2 Technologies y Manugistics. Existen también diversas compañías de software para análisis estadístico, como SAS, cuyos programas se emplean para pronosticar. Por último, algunas de las compañías enfocadas en CRM tienen elementos de pronóstico en sus productos, dado su enfoque en los procesos que enfrenta el cliente.

Los pronósticos y la TI tienen una larga historia. El módulo de pronóstico es uno de los tres productos principales alrededor de los cuales creció toda la industria del software de cadena de suministro. El paquete clásico de TI sobre cadena de suministro tiene un módulo de pronóstico que transmite los pronósticos a un módulo de planeación. Este último establece la programación y los niveles de inventario, los cuales se transmiten a su vez a un sistema de ejecución que en realidad ejecuta estos planes. Por tanto, los pronósticos son parte central de la TI en la cadena de suministro.

7.9 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN EL PRONÓSTICO

Deben considerarse los riesgos asociados con el error de pronóstico al planear para el futuro. Los errores en el pronóstico pueden causar una mala asignación de los recursos en inventario, instalaciones, transporte, abastecimiento, precios e incluso en la administración de la información. Los errores de pronóstico durante el diseño de la red pueden causar que se construyan muchas instalaciones o muy pocas o inapropiadas. A nivel de planeación, los planes se determinan a partir de los pronósticos, de manera que los planes reales de inventario, producción, transporte, abastecimiento y precio que la compañía produce y sigue dependen de un pronóstico preciso. Incluso a nivel operacional, el pronóstico juega un papel en las actividades diarias que se ejecutan dentro de la compañía. Como uno de los procesos iniciales en cada una de estas fases que afectan muchos de los demás procesos, el pronóstico incluye una cantidad significativa de riesgo inherente.

Una amplia variedad de factores pueden provocar que un pronóstico esté equivocado, pero algunos ocurren con tanta frecuencia que merecen mención específica. Los largos tiempos de

espera requieren que los pronósticos se realicen con mucha anticipación, lo que disminuye la confiabilidad de los mismos. La estacionalidad también tiende a incrementar el error de pronóstico. Los errores de pronóstico aumentan cuando los ciclos de vida del producto son cortos, ya que existe poca información histórica sobre la cual construir para producir el pronóstico. Las compañías con pocos clientes tienen con frecuencia demanda muy irregular, que es más difícil de pronosticar que la demanda de muchos clientes pequeños, la cual tiende a ser más uniforme. La calidad del pronóstico se afecta más cuando se basa en pedidos colocados por los intermediarios de la cadena en lugar de la demanda de los clientes finales. Esto fue particularmente evidente en el sector de las telecomunicaciones en 2001, cuando los pronósticos de los fabricantes superaron la demanda de los clientes por una gran cantidad. Sin la visión de la demanda del cliente final, la compañía tiene siempre dificultad para producir pronósticos confiables.

Dos estrategias empleadas para mitigar el riesgo del pronóstico son incrementar la capacidad de respuesta de la cadena de suministro y aprovechar las oportunidades para agregar la demanda. W.W. Grainger ha trabajado con los proveedores para disminuir los tiempos de espera de ocho semanas a menos de tres. Una mayor capacidad de respuesta permite a la compañía reducir los errores de pronóstico y por tanto disminuir el riesgo asociado. La agregación (pooling) que analizamos en el capítulo 11, trata de suavizar la demanda irregular al reunir múltiples fuentes de demanda. Así, Amazon tiene un error de pronóstico más bajo que Borders, ya que agrega la demanda geográfica en sus almacenes.

Una mejor capacidad de respuesta y la agregación con frecuencia tienen un costo. Una velocidad mayor puede requerir inversión en capacidad, mientras que la agregación tiende a incrementar los costos de transporte. Para lograr el equilibrio correcto entre la mitigación del riesgo y el costo, es importante adecuar las estrategias de mitigación. Por ejemplo, al tratar con materias primas (commodities) cuyos déficit pueden compensarse fácilmente con compras en el mercado spot, no se justifica gastar grandes cantidades para incrementar la capacidad de respuesta de la cadena. En contraste, para un producto cuyo ciclo de vida es corto, invertir en la capacidad de respuesta puede valer la pena. De igual manera, es probable que el beneficio de agregar sea grande sólo cuando el error de pronóstico subyacente es alto. Una inversión en esfuerzos de agregación puede no estar justificada para productos con errores de pronóstico pequeños.

7.10 EL PRONÓSTICO EN LA PRÁCTICA

Colaboración en la construcción de pronósticos. La colaboración con los socios de su cadena de suministro con frecuencia crea un pronóstico mucho más preciso. Se necesita una inversión de tiempo y esfuerzo para construir la relación con sus socios para comenzar a compartir la información y crear pronósticos colaborativos. No obstante, los beneficios de la colaboración en la cadena de suministro suelen ser de una magnitud más grande que los costos. Sin embargo, la realidad hoy en día, es que la mayoría de los pronósticos no toman en cuenta toda la información disponible a lo largo de las distintas funciones de la compañía. Se necesita hacer esfuerzos antes de que toda la información de la cadena sea tomada en cuenta y utilizada.

Compartir sólo la información que realmente aporte valor. El valor de la información depende de donde uno se localice en la cadena de suministro. Por ejemplo, un minorista descubre que la información del punto de venta es algo valioso para medir el desempeño de sus tiendas. Sin embargo, un fabricante que vende a un distribuidor que a su vez vende a minoristas no necesita todo el detalle del punto de venta. El fabricante descubre que los datos de la demanda agregada son bastante valiosos, con un valor marginal adicional que proviene de la información detallada del punto de venta. Limitar la información que se comparte a lo que verdaderamente se necesita disminuye la inversión en TI y mejora las oportunidades de una colaboración exitosa.

Asegurarse de distinguir entre la demanda y las ventas. Con frecuencia, las compañías cometen el error de mirar las ventas históricas y suponer que son la demanda histórica. Con el fin

de obtener una verdadera demanda, es necesario hacer ajustes a la demanda no satisfecha debido al desabasto, acciones de la competencia, precios y promociones. Si no se hacen, se tendrá como resultado que los pronósticos no representan la realidad actual.

7.11 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender el papel del pronóstico tanto para la empresa como para la cadena de suministro.
   El pronóstico es una directriz clave de toda decisión de diseño y planeación que se toma tanto en la empresa como en la cadena de suministro. Las empresas siempre han pronosticado la demanda y han utilizado estos pronósticos para tomar decisiones. Sin embargo, un fenómeno reciente es crear pronósticos colaborativos para toda la cadena y emplearlos como base de las decisiones. El pronóstico colaborativo incrementa en gran medida la precisión de los pronósticos y permite a la cadena de suministro maximizar su desempeño. Sin colaboración, las etapas de la cadena más alejadas de la demanda probablemente tendrán pronósticos malos que producirán ineficiencias en la cadena y falta de capacidad de respuesta.
2. Identificar los componentes del pronóstico de la demanda.
   La demanda consta de un componente sistemático y uno aleatorio. El componente sistemático mide el valor esperado de la demanda. El componente aleatorio mide las fluctuaciones en la demanda a partir del valor esperado. El componente sistemático se conforma de nivel, tendencia y estacionalidad. El nivel mide la demanda desestacionalizada actual. La tendencia mide la tasa de crecimiento actual o el descenso en la demanda. La estacionalidad indica las fluctuaciones estacionales predecibles en la demanda.
3. Pronosticar la demanda de una cadena de suministro dada la información histórica de la demanda empleando metodologías de series de tiempo.
   Los métodos de series de tiempo para pronosticar se clasifican como *estáticos* o *adaptativos*. En los primeros, los estimados de los parámetros y los patrones de la demanda no se actualizan conforme se observa una nueva demanda. También incluyen la regresión. En los métodos adaptativos, los estimados se actualizan cada vez que se observa una nueva demanda. Estos métodos incluyen los promedios móviles, el suavizamiento exponencial simple, el modelo de Holt y el modelo de Winter. Los promedios móviles y el suavizamiento exponencial simple se utilizan mejor cuando la demanda no muestra tendencia o estacionalidad. El modelo de Holt se utiliza mejor cuando la demanda muestra tendencia pero no estacionalidad. El modelo de Winter es apropiado para cuando la demanda muestra tanto tendencia como estacionalidad.
4. Analizar los pronósticos de la demanda para estimar el error de pronóstico.
   El error de pronóstico mide el componente aleatorio de la demanda. Esta medida es importante, ya que revela el grado de imprecisión que probablemente tendrá el pronóstico y las contingencias para las que la compañía debe hacer planes. La MAD y el MAPE se emplean para estimar el tamaño del error de pronóstico. El sesgo y la TS se usan para estimar si el pronóstico consistentemente sobrepronostica o subpronostica.

Preguntas de discusión

1. ¿Qué papel desempeña el pronóstico en la cadena de suministro de un fabricante que produce bajo pedido como Dell?
2. ¿Cómo podría Dell emplear el pronóstico colaborativo con sus proveedores para mejorar la cadena de suministro?
3. ¿Qué papel desempeña el pronóstico en la cadena de suministro de una compañía de ventas por correo como L.L. Bean?
4. ¿Qué componentes sistemático y aleatorio esperaría en la demanda de chocolates?
5. ¿Por qué debe mostrarse suspicaz un gerente cuando alguien afirma que puede pronosticar la demanda histórica sin error alguno de pronóstico?
6. Dé ejemplos de productos que muestran estacionalidad en la demanda.
7. ¿Cuál es el problema de que el gerente emplee los datos de las ventas del año anterior, en lugar de la demanda del año anterior, para pronosticar la demanda para el año siguiente?
8. ¿En qué difieren los métodos de pronóstico estático y adaptativo?

TABLA 7-3 Demanda mensual de ABC Corporation

Ventas	*Año 1*	*Año 2*	*Año 3*	*Año 4*	*Año 5*
Enero	2,000	3,000	2,000	5,000	5,000
Febrero	3,000	4,000	5,000	4,000	2,000
Marzo	3,000	3,000	5,000	4,000	3,000
Abril	3,000	5,000	3,000	2,000	2,000
Mayo	4,000	5,000	4,000	5,000	7,000
Junio	6,000	8,000	6,000	7,000	6,000
Julio	7,000	3,000	7,000	10,000	8,000
Agosto	6,000	8,000	10,000	14,000	10,000
Septiembre	10,000	12,000	15,000	16,000	20,000
Octubre	12,000	12,000	15,000	16,000	20,000
Noviembre	14,000	16,000	18,000	20,000	22,000
Diciembre	8,000	10,000	8,000	12,000	8,000
Total	78,000	89,000	98,000	115,000	113,000

9. ¿Qué información proporciona la MAD y el MAPE al gerente? ¿Cómo puede el gerente emplear esta información?
10. ¿Qué información proporcionan el sesgo y la TS al gerente? ¿Cómo puede el gerente utilizar esta información?

Ejercicios

1. Considere la demanda mensual de ABC Corporation que se muestra en la tabla 7-3. Pronostique la demanda mensual para el año 6 empleando el método estático. Evalúe el sesgo, TS, MAD, MAPE y MSE. Evalué la calidad del pronóstico.
2. Las ventas semanales de Hot Pizza son las siguientes:

Semana	*Demanda ($)*	*Semana*	*Demanda ($)*	*Semana*	*Demanda ($)*
1	108	5	96	9	112
2	116	6	119	10	102
3	118	7	96	11	92
4	124	8	102	12	91

Estime la demanda para las cuatro siguientes semanas empleando el promedio móvil de cuatro semanas como también el suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.1$. Evalúe MAD, MAPE, MSE, sesgo y TS en cada caso. ¿Cuál de los dos métodos prefiere? ¿Por qué?

3. Las ventas trimestrales de las flores con un mayorista son las siguientes:

Año	*Trimestre*	*Ventas ('000 $)*	*Año*	*Trimestre*	*Ventas ('000 $)*
1	I	98	3	I	138
	II	106		II	130
	III	109		III	147
	IV	133		IV	141
2	I	130	4	I	144
	II	116		II	142
	III	133		III	165
	IV	116		IV	173

Pronostique las ventas trimestrales para el año 5 utilizando el suavizamiento exponencial simple con $\alpha = 0.1$, así como con el modelo de Holt con $\alpha = 0.1$ y $\beta = 0.1$. ¿Cuál de los dos métodos prefiere? ¿Por qué?

4. Considere la demanda mensual de ABC Corporation que se muestra en la tabla 7-3. Pronostique la demanda mensual para el año 6 empleando el promedio móvil, el suavizamiento exponencial simple, el modelo de Holt y el modelo de Winter. En cada caso, evalué el sesgo, TS, MAD, MAPE y MSE. ¿Qué método de pronóstico prefiere? ¿Por qué?

Bibliografía

Bernstein, Peter L. y Theodore H. Silbert, "Are Economic Forecasters Worth Listening To?", *Harvard Business Review,* septiembre-octubre de 1984, pp. 2-8.

Bowerman, Bruce L. y Richard T. O'Connell, *Forecasting and Time Series: An Applied Approach,* 3a. ed., Belmont, CA, Duxbury, 1993.

Box, George E. P. y Gwilym M. Jenkins, *Time Series Analysis: Forecasting and Control,* Oakland, CA, Holden-Day, 1976.

Brown, Robert G., *Statistical Forecasting for Inventory Control*, Nueva York, McGraw-Hill, 1959.

Chambers, John C., Satinder K. Mullick y Donald D. Smith, "How to Choose the Right Forecasting Technique", *Harvard Business Review,* julio-agosto de 1971, pp. 45-74.

Forecasting with Regression Analysis, Cambridge, MA, Harvard Business School, Nota #9-894-007, 1994.

Georgoff, David M. y Robert G. Murdick, "Manager's Guide to Forecasting", *Harvard Business Review,* enero-febrero de 1986, pp. 2-9.

Gilliland, Michael, "Is Forecasting a Waste of Time?", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2002, pp. 16-23.

Makridakis, Spyros y Steven C. Wheelwright, *Forecasting Methods for Management,* Nueva York, Wiley, 1989.

Yurkiewicz, Jack, "Forecasting 2000", *ORMS Today,* febrero de 2000, pp. 58-65.

ESTUDIO DE CASO



SPECIALTY PACKAGING CORPORATION, PARTE A

Julie Williams tenía mucho en qué pensar cuando salió de la sala de juntas de Specialty Packaging Corporation (SPC). Su gerente de división le había informado que sería asignada a un equipo que estaba formado por el vicepresidente de marketing de SPC y miembros del personal de sus principales clientes. La meta de este equipo era mejorar el desempeño de la cadena de suministro, ya que SPC había sido incapaz de satisfacer la demanda de manera efectiva en los años anteriores. Esto con frecuencia dejaba a los clientes en el desorden, tratando de cumplir las demandas de los nuevos clientes. Julie tenía poco contacto con los clientes de SPC y se preguntaba cómo agregaría valor a este proceso. Su gerente de división le dijo que la primera tarea del equipo era establecer un pronóstico colaborativo empleando la información tanto de SPC como de los clientes. Este pronóstico serviría como base para mejorar el desempeño de la compañía, ya que los gerentes podrían utilizarlo para planear la producción. Los pronósticos mejorados permitirían a SPC mejorar su desempeño de entrega.

SPC

SPC convierte la resina de poliestireno en envases desechables/reciclables para la industria alimenticia. El poliestireno se compra como materia prima en la forma de pelotillas de resina. Luego se descarga de los contenedores de ferrocarril o camiones remolque en silos de almacenamiento, para luego

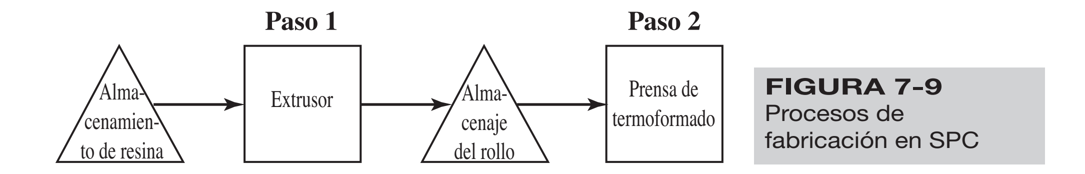
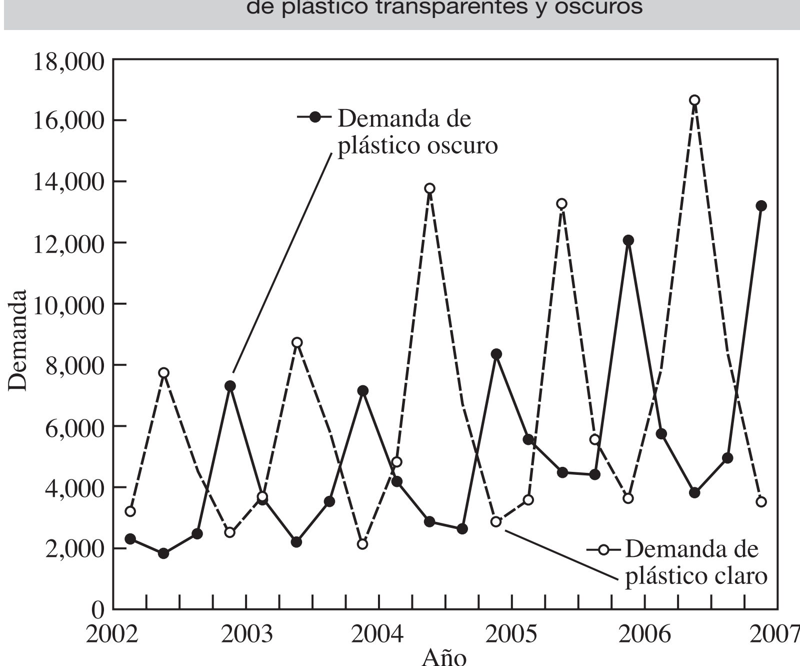


FIGURA 7-9 Procesos de fabricación en SPC

TABLA 7-4 Demanda histórica trimestral de envases de plástico transparentes y oscuros

Año	*Trimestre*	*Demanda de plástico oscuro (000 lb)*	*Demanda de plástico claro (000 lb)*
2002	I	2,250	3,200
	II	1,737	7,658
	III	2,412	4,420
	IV	7,269	2,384
2003	I	3,514	3,654
	II	2,143	8,680
	III	3,459	5,695
	IV	7,056	1,953
2004	I	4,120	4,742
	II	2,766	13,673
	III	2,556	6,640
	IV	8,253	2,737
2005	I	5,491	3,486
	II	4,382	13,186
	III	4,315	5,448
	IV	12,035	3,485
2006	I	5,648	7,728
	II	3,696	16,591
	III	4,843	8,236
	IV	13,097	3,316

FIGURA 7-10 Gráfico de la demanda trimestral de envases de plástico transparentes y oscuros



fabricar los envases de comida en un proceso de dos pasos. Primero, la resina se transporta a un extrusor, el cual la convierte en una hoja de poliestireno que se enrolla. El plástico viene en dos formas, claro y oscuro. Los rollos se usan inmediatamente para fabricar los envases o se almacenan. Segundo, los rollos se cargan en las prensas termoformadoras, las cuales dan a la hoja la forma de envases, los cuales se cortan y se separan de la hoja. Los dos pasos de fabricación se muestran en la figura 7-9.

En los últimos cinco años, el negocio del envasado en plástico ha crecido de manera sostenida. La demanda de envases de plástico claro viene de las tiendas minoristas, pastelerías y restaurantes. Las tiendas de comida y supermercados emplean los contenedores oscuros como bandejas para empacar y servir. La demanda de envases de plástico transparente se incrementa en los meses del verano, mientras que la demanda de envases de plástico oscuro se incrementa en el otoño. La capacidad de los extrusores no es suficiente para cubrir la demanda durante las estaciones pico. Como resultado, la planta es forzada a almacenar inventario de cada tipo de hoja con anticipación a la demanda futura. La tabla 7-4 y la figura 7-10 muestran la demanda trimestral histórica de cada uno de los envases (claros y oscuros). El equipo ha modificado los datos de las ventas de SPC al tomar en cuenta las ventas perdidas para obtener la demanda verdadera. Sin la participación de los clientes en este equipo, SPC nunca conocería esta información, puesto que la compañía no hace un seguimiento de los pedidos perdidos.

PRONÓSTICO

Como primer paso en la toma de decisiones del equipo, éste quiere pronosticar la demanda trimestral de cada uno de los dos tipos de contenedores para los años 2007 a 2009. Con base en las tendencias históricas, se espera que la demanda continúe creciendo hasta 2009, después del cual se espera que se estabilice. Julie debe seleccionar el método apropiado de pronóstico y estimar el probable error de pronóstico. ¿Qué método debe escoger?

CAPÍTULO 8
PLANEACIÓN AGREGADA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Identificar las decisiones que se solucionan mejor mediante la planeación agregada.
2. Entender la importancia de la planeación agregada como una actividad de la cadena.
3. Describir la información necesaria para producir un plan agregado.
4. Explicar los equilibrios básicos que deben considerarse para crear un plan agregado.
5. Formular y resolver problemas básicos de planeación agregada empleando Microsoft Excel.

En este capítulo analizamos de qué manera se utiliza la metodología de la planeación agregada para tomar decisiones acerca de la producción, outsourcing (subcontratación), inventario y demanda aplazada (backlog) en la cadena de suministro. Identificamos la información requerida para producir un plan agregado y enumeramos los equilibrios básicos que deben establecerse a fin de crear un plan agregado óptimo. También, describimos cómo formular y resolver un problema de planeación agregada valiéndonos de Microsoft Excel.

8.1 EL PAPEL DE LA PLANEACIÓN AGREGADA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Imagine un mundo en el cual la manufactura, la transportación, el almacenaje e incluso la capacidad de la información fueran ilimitados y gratuitos. Imagine tiempos de espera igual a cero, lo que permitiría que los bienes fueran producidos y entregados de manera instantánea. En este mundo, no habría necesidad de planear la demanda, ya que cualquier cliente que solicitara un producto sería atendido de manera instantánea. En este mundo, la planeación agregada no desempeña ningún papel.

Sin embargo, en el mundo real la capacidad tiene un costo, y los tiempos de espera con frecuencia son largos. Por tanto, las compañías deben tomar decisiones respecto a los niveles de capacidad, de producción, outsourcing y promociones mucho antes de que se conozca la demanda. Una compañía debe prever la demanda y determinar, por adelantado, cómo satisfacerla. ¿Debería la compañía invertir en una planta con una gran capacidad, de manera que pudiera producir lo suficiente para satisfacer la demanda incluso en los meses más ocupados? ¿O debería construir una planta pequeña pero incurrir en los costos de mantener un inventario durante los periodos lentos en anticipación a la demanda de los meses posteriores? Para responder preguntas como las anteriores, es útil recurrir a la planeación agregada.

La *planeación agregada* es un proceso por medio del cual la compañía determina los niveles ideales de capacidad, producción, subcontratación, inventario, desabasto e incluso precio en un horizonte específico de tiempo. La meta de la planeación agregada es satisfacer la demanda y al mismo tiempo maximizar las utilidades. La planeación agregada, como su nombre lo indica, resuelve los problemas que se relacionan con decisiones agregadas en lugar de decisiones a nivel de unidades (stock-keeping units, SKU). Por ejemplo, la planeación agregada determina el ni-

vel de la producción total en la planta para un mes dado, pero lo hace sin determinar la cantidad de cada SKU que será producida. Este nivel de detalle convierte a la planeación agregada en una útil herramienta para pensar sobre las decisiones con un marco de tiempo intermedio de entre 3 y 18 meses. En este marco temporal, es muy pronto para determinar los niveles de producción por SKU, pero también suele ser muy tarde para conseguir capacidad adicional. Por tanto, la planeación agregada responde a la pregunta: ¿cómo debe la compañía utilizar mejor las instalaciones que actualmente tiene?

Tradicionalmente, gran parte de la planeación agregada se enfoca en el interior de la compañía y no siempre se le ve como parte de la administración de la cadena. Sin embargo, es un aspecto importante de la cadena. Para que la planeación sea efectiva, requiere de datos de toda la cadena de suministro, y sus resultados tienen un impacto tremendo en el desempeño de la cadena. Como vimos en el capítulo anterior, los pronósticos colaborativos son creados por múltiples compañías de la cadena y son importantes para la planeación agregada. Los buenos pronósticos exigen la colaboración de los socios de la cadena. Además, muchas de las restricciones de la planeación agregada provienen de los socios externos a la compañía. Estas restricciones son clave para la planeación agregada, principalmente para los socios de la parte superior de la cadena. Sin esta información tanto de arriba como de abajo de la cadena, la planeación agregada no puede realizar todo su potencial para crear valor. El resultado de la planeación agregada también tiene valor tanto para los socios de arriba como para los de abajo de la cadena. Los planes de producción de una compañía definen la demanda para los proveedores y establecen restricciones de suministro a los clientes. Este capítulo tiene el propósito de crear una base para utilizar la planeación agregada, tanto dentro de la empresa como a lo largo de la cadena de suministro. Las implicaciones para la cadena de la planeación agregada serán más claras en el capítulo 9, una vez que se hayan colocado las bases de la planeación agregada.

Como ejemplo, considere cómo una cadena de suministro de papel fino emplea la planeación agregada para maximizar las utilidades. Muchos tipos de fábricas de papel enfrentan una demanda estacional que va desde los clientes a los impresores a los distribuidores y finalmente a los fabricantes. Muchos tipos de papel fino tienen picos de demanda en la primavera, cuando se imprimen los informes anuales, y en el otoño, cuando se lanzan los catálogos de los autos nuevos. Construir una fábrica con la capacidad para satisfacer la demanda en primavera y en otoño según sea necesario es muy costoso, debido al alto costo de la capacidad de la fábrica. Del otro lado de la cadena de suministro, el papel fino requiere aditivos y recubrimientos especiales que pueden escasear. Por ello, el fabricante de papel debe manejar estas restricciones y maximizar las utilidades alrededor de ellas. Para tratar estos problemas potenciales, las fábricas emplean la planeación agregada para determinar los niveles de producción e inventario que deben construir en los meses lentos para la venta en primavera y otoño cuando la demanda es mayor que la capacidad de la fábrica. Al tomar en consideración la información de toda la cadena, la planeación agregada permite a la fábrica y a la cadena de suministro maximizar las utilidades.

El principal objetivo del planificador es identificar los siguientes parámetros operacionales durante un horizonte específico de tiempo:

Tasa de producción: número de unidades terminadas por unidad de tiempo (ya sea por semana o por mes)

Fuerza de trabajo: número de trabajadores/unidades de capacidad necesarias para la producción

Tiempo extra: cantidad de tiempo extra de producción planeada

Nivel de capacidad de máquina: número de unidades de capacidad de máquina necesarias para la producción

Subcontratación: capacidad subcontratada requerida durante el horizonte de planeación

Backlog: demanda no satisfecha en el periodo en el cual se presenta pero que se transfiere a periodos futuros

Inventario disponible (on hand): aquél que se planea y es transferido a varios periodos en el horizonte de planeación

El plan agregado sirve como un plano general para las operaciones y establece los parámetros dentro de los cuales se toman las decisiones a corto plazo de producción y distribución. Permite a la cadena de suministro alterar las distribuciones de la capacidad y cambiar los contratos de suministro. Como se mencionó en los capítulos anteriores, toda la cadena de suministro debe coordinarse con el proceso de planeación. Si el fabricante ha planeado un incremento en la producción durante un lapso determinado, el proveedor, el transportista y el almacenista deben estar enterados de este plan e incorporar el incremento en sus propios planes. En términos ideales, todas las etapas de la cadena deben trabajar en conjunto sobre un plan agregado que optimice el desempeño de la cadena. Si cada etapa formula de manera independiente su propio plan agregado, es sumamente improbable que todos los planes engranen de manera coordinada. La carencia de coordinación da como resultado escasez o exceso de existencias en la cadena de suministro. Por tanto, es importante ejecutar los planes agregados en un ámbito muy amplio de la cadena.

En la siguiente sección definimos de manera formal el problema de la planeación agregada. Especificamos la información necesaria para ella y analizamos los resultados de las decisiones que la misma proporciona.

8.2 EL PROBLEMA DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

El objetivo de la planeación agregada es satisfacer la demanda de una manera que maximice las utilidades de la compañía. Podemos definir el problema de la planeación agregada de la siguiente manera:

> **Dado el pronóstico de la demanda para cada uno de los periodos en el horizonte de planeación, determinar los niveles de producción, inventario y capacidad (interna y externa) para cada periodo, que maximicen las utilidades de la compañía durante el horizonte de planeación.**

Para crear un plan agregado, la compañía debe especificar el horizonte de planeación para el plan. El *horizonte de planeación* es el tiempo durante el cual la planeación agregada va a producir una solución, en general de 3 a 18 meses. La compañía debe especificar también la duración de cada periodo dentro del horizonte de planeación (por ejemplo, semanas, meses o trimestres). En general, la planeación agregada tiene lugar durante meses o trimestres. A continuación, la compañía especifica la información clave requerida para producir un plan agregado y tomar las decisiones mediante las cuales el plan agregado desarrollará las recomendaciones. Esta información y las recomendaciones se especifican para un problema genérico de planeación agregada. El modelo que proponemos en la siguiente sección es lo suficientemente flexible para acomodar requerimientos específicos de cada situación.

Un planificador requiere la siguiente información:

- Pronóstico de la demanda F_t para cada periodo t en un horizonte de planeación que se extiendo a lo largo de T periodos
- Costos de producción
  - Costos de mano de obra, tiempo regular ($/hora) y costos de tiempo extra ($/hora)
  - Costo de subcontratar la producción ($/unidad o $/hora)
  - Costo de cambiar la capacidad; específicamente, costo de contratar/despedir trabajadores ($/trabajador) y el costo de agregar o reducir capacidad de máquina ($/máquina)
- Horas mano de obra/máquina requeridas por unidad
- Costo de mantener inventario ($/unidad/periodo)
- Costo de desabasto o backlog ($/unidad/periodo)
- Restricciones
  - Límites sobre el tiempo extra
  - Límites sobre despidos

- Límites sobre capital disponible
- Límites sobre desabasto y backlog
- Restricciones de los proveedores a la compañía

El uso de esta información permite a la compañía tomar las siguientes determinaciones por medio de la planeación agregada:

Cantidad de producción en tiempo regular, tiempo extra y tiempo subcontratado: se utiliza para determinar el número de trabajadores y los niveles de compra de proveedores

Inventario mantenido: se emplea para determinar el espacio de almacén y el capital de trabajo requeridos

Cantidad de backlog/desabasto: se usa para determinar los niveles de servicio al cliente

Fuerza de trabajo contratada/despedida: se usa para determinar los posibles problemas laborales que se presentarán

Incremento/decremento de la capacidad de máquina: se utiliza para determinar si un nuevo equipo de producción debe ser comprado o mantenerse fuera de operación

La calidad del plan agregado tiene un impacto significativo en la rentabilidad de la compañía. Un plan deficiente puede dar como resultado la pérdida de ventas y utilidades si el inventario y la capacidad disponibles no pueden satisfacer la demanda. Asimismo, un plan agregado deficiente puede también propiciar un exceso de inventario y capacidad, y, por tanto, incrementar los costos. De esta manera, la planeación agregada es una herramienta muy importante para contribuir a maximizar la rentabilidad de la cadena.

8.3 ESTRATEGIAS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

El planificador debe establecer equilibrios entre los costos de la capacidad, inventario y backlog. Un plan agregado que incrementa uno de estos costos produce, por lo general, la reducción de los otros dos. En este sentido, los costos representan un equilibrio: para reducir el costo del inventario, el planificador debe incrementar el costo de la capacidad o demorar la entrega al cliente. Así, el planificador intercambia el costo del inventario por el de la capacidad o el de backlog. Llegar a la combinación más rentable de equilibrios es la meta de la planeación agregada. Dado que la demanda varía con el tiempo, el nivel relativo de los tres costos lleva a uno de ellos a ser la palanca clave que el planificador utiliza para maximizar las utilidades. Si el costo de variar la capacidad es bajo, la compañía puede no necesitar acumular inventario ni tener backlog. Si el costo de variar la capacidad es alto, la compañía puede compensarlo acumulando cierto inventario o transfiriendo los backlogs de los periodos pico de demanda a los periodos de menor demanda.

En general, la compañía trata de utilizar una combinación de los tres costos para satisfacer mejor la demanda. Por tanto, los equilibrios fundamentales disponibles para un planificador están entre:

- Capacidad (tiempo regular, tiempo extra, subcontratación)
- Inventario
- Backlog/ventas perdidas a causa del retraso

En esencia, existen tres estrategias de planeación agregada para lograr un balance entre estos costos. Estas estrategias suponen equilibrios entre la inversión de capital, el tamaño de la fuerza de trabajo, las horas de trabajo, el inventario y el backlog/ventas perdidas. La mayoría de las estrategias que en realidad utiliza un planificador son una combinación de estas tres; se les conoce como *estrategias a la medida* y son las siguientes.

1. ***Estrategia de persecución, emplear la capacidad como la palanca:*** con esta estrategia, la tasa de producción está sincronizada con la tasa de la demanda mediante la variación de la capacidad

de máquina o la contratación o el despido de empleados conforme la tasa de la demanda varíe. En la práctica, lograr esta sincronización puede ser muy problemático debido a la dificultad de variar la capacidad y la fuerza laboral en corto tiempo. Esta estrategia puede ser muy cara si el costo de variar la capacidad de máquina o mano de obra con el tiempo es muy alto. También tiene un considerable impacto negativo en el estado de ánimo de la fuerza de trabajo. Esta estrategia da por resultado bajos niveles de inventario en la cadena de suministro y altos niveles de cambio en la capacidad y la fuerza de trabajo. Debe recurrirse a ella cuando el costo de manejo de inventario es muy alto y los costos de cambiar los niveles de capacidad de máquina y mano de obra son muy bajos.

2. ***Estrategia de flexibilidad de tiempo de la fuerza de trabajo o la capacidad, emplear la utilización como la palanca:*** esta estrategia puede emplearse si existe un exceso en la capacidad de máquina (por ejemplo, si las máquinas no se utilizan las 24 horas del día, siete días por semana). En este caso la fuerza de trabajo (capacidad) se mantiene estable pero el número de horas trabajadas varía con el tiempo en un esfuerzo por sincronizar la producción con la demanda. El planificador puede emplear cantidades variables de tiempo extra o un horario flexible para lograr esta sincronización. Aunque esta estrategia requiere que la fuerza de trabajo sea flexible, evita algunos de los problemas asociados con la estrategia de persecución, en particular, cambiar el tamaño de la fuerza de trabajo. Esta estrategia genera bajos niveles de inventario pero con una utilización promedio de máquina más baja. Debe utilizarse cuando los costos de manejo de inventario sean relativamente altos y la capacidad de máquina sea relativamente barata.

3. ***Estrategia de nivel, emplear el inventario como la palanca:*** con esta estrategia, la capacidad estable de máquina y de la fuerza de trabajo son mantenidas a una tasa de producción constante. La escasez y los excedentes dan por resultado una fluctuación en los niveles de inventario con el tiempo. En este caso, la producción no está en sincronía con la demanda, por lo que los inventarios se acumulan en previsión de la demanda futura o los backlogs son transferidos de los periodos de demanda alta a los de demanda baja. Los empleados se benefician de las condiciones estables de trabajo. Una desventaja asociada con esta estrategia es que se pueden acumular grandes inventarios y que se retrasen los pedidos de los clientes. Esta estrategia mantiene la capacidad y los costos de cambiar la capacidad relativamente bajos. Debe emplearse cuando los costos de manejo de inventario y backlog son relativamente bajos.

En la siguiente sección analizamos la metodología que se emplea para la planeación agregada.

8.4 PLANEACIÓN AGREGADA EMPLEANDO PROGRAMACIÓN LINEAL

Como explicamos con anterioridad, la meta de la planeación agregada es maximizar las utilidades y, al mismo tiempo, satisfacer la demanda. Toda compañía, en su esfuerzo por satisfacer la demanda del cliente, enfrenta ciertas restricciones, como la capacidad de sus instalaciones o la capacidad de un proveedor de entregar un componente. Una herramienta altamente efectiva para que la utilice la compañía cuando trata de maximizar las utilidades y al mismo tiempo sujetarse a una serie de restricciones es la *programación lineal*. Ésta encuentra la solución que crea la utilidad más alta mientras satisface las restricciones que enfrenta la compañía.

Ilustramos la programación lineal mediante el análisis de Red Tomato Tools, un pequeño fabricante de equipo de jardinería con instalaciones de fabricación en México. Sus productos se venden a través de detallistas en Estados Unidos. Sus operaciones consisten en el ensamblaje de partes compradas en una sola herramienta de jardinería multipropósito. Debido a lo limitado del equipo y el espacio requerido para sus operaciones, la capacidad de Red Tomato está determinada principalmente por el tamaño de su fuerza de trabajo.

Por ejemplo, utilizamos un periodo de seis meses, ya que es un horizonte de tiempo suficientemente grande para ilustrar muchos de los principales puntos de la planeación agregada.

TABLA 8-1 Pronóstico de la demanda en Red Tomato Tools

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Enero	1,600
Febrero	3,000
Marzo	3,200
Abril	3,800
Mayo	2,200
Junio	2,200

RED TOMATO TOOLS

La demanda de las herramientas de jardinería de Red Tomato por parte de los consumidores es altamente estacional; tiene su pico en la primavera, cuando la gente arregla sus jardines. Esta demanda estacional afecta la cadena de suministro desde el detallista hasta Red Tomato, el fabricante. Red Tomato ha decidido utilizar la planeación agregada para superar el obstáculo de la demanda estacional y maximizar las utilidades. Las opciones que tiene para manejar la estacionalidad son agregar trabajadores durante la temporada pico, subcontratar algo del trabajo, acumular inventario durante los meses lentos, o acumular un backlog de pedidos que serán entregados tarde a los clientes. Para determinar cómo utilizar mejor estas opciones por medio de un plan agregado, el vicepresidente de la cadena de suministro comienza la primera tarea, que es construir un pronóstico de la demanda. Aunque Red Tomato podría tratar de pronosticar esta demanda por sí mismo, un pronóstico más preciso viene de un proceso colaborativo empleado tanto por Red Tomato como por sus detallistas para producir el pronóstico de la tabla 8-1.

Red Tomato vende cada una de las herramientas a los detallistas en 40 dólares. La compañía tiene un inventario inicial en enero de 1,000 herramientas. Al principio de enero la compañía tiene una fuerza de trabajo de 80 empleados. La planta tiene un total de 20 días hábiles cada mes y cada empleado gana 4 dólares por hora en tiempo regular. Cada empleado trabaja ocho horas por día en tiempo corrido y el resto en tiempo extra. Como se analizó con anterioridad, la capacidad de la operación de producción está determinada principalmente por el total de horas laborables trabajadas. Por lo tanto, la capacidad de máquina no limita la capacidad de la operación de producción. Debido a las leyes laborales, ningún empleado trabaja más de 10 horas de tiempo extra por mes. Los diversos costos se muestran en la tabla 8-2.

En la actualidad, Red Tomato no tiene límites en la subcontratación, inventarios y desabasto/backlog. Todos los casos de desabasto se ponen en backlog y se surten con la producción de los siguientes meses. Se incurre en los costos de inventario al final de éste, en el mes. La meta del

TABLA 8-2 Costos para Red Tomato

Artículo	*Costo*
Costo de material	$10/unidad
Costo de mantener inventario	$2/unidad/mes
Costo marginal de desabasto/backlog	$5/unidad/mes
Costos de contratación y capacitación	$300/trabajador
Costo de despidos	$500/trabajador
Horas de mano de obra requeridas	4/unidad
Costo de tiempo regular	$4/hora
Costo de tiempo extra	$6/hora
Costo de subcontratar	$30/unidad

gerente de la cadena es obtener un plan agregado óptimo que permita a Red Tomato terminar en junio con cuando menos 500 unidades (por ejemplo, sin desabasto al final de junio y cuando menos 500 unidades en inventario).

El plan agregado óptimo es el que produce la utilidad más alta durante el horizonte de planeación de seis meses. Por ahora, dado el deseo de Red Tomato de ofrecer un muy alto nivel de servicio al cliente, suponemos que toda la demanda va a ser satisfecha, aunque pudiera satisfacerse tarde. Por tanto, los ingresos obtenidos durante el horizonte de planeación son fijos. Como resultado, minimizar los costos durante el horizonte de planeación es igual que maximizar las utilidades. En muchos momentos, la compañía tiene la opción de no satisfacer cierta demanda, o el mismo precio pudiera ser una variable que la compañía tiene que determinar con base en el plan agregado. En tal escenario, la minimización del costo no es equivalente a maximizar las utilidades.

VARIABLES DE DECISIÓN

El primer paso para construir un modelo de planeación agregada es identificar el conjunto de variables de decisión cuyos valores están determinados como parte del plan agregado. Para Red Tomato, las siguientes variables de decisión se definen mediante el modelo de la planeación agregada:

W_t = tamaño de la fuerza de trabajo para el mes t, $t = 1,\ldots, 6$
H_t = número de empleados contratados al inicio del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
L_t = número de empleados despedidos al inicio del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
P_t = número de unidades producidas en el mes t, $t = 1,\ldots, 6$
I_t = inventario al final del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
S_t = número de unidades en desabasto/backlog al final del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
C_t = número de unidades subcontratadas para el mes t, $t = 1,\ldots, 6$
O_t = número de horas de tiempo extra trabajadas durante en el mes t, $t = 1,\ldots, 6$

El siguiente paso en la construcción del modelo de planeación agregada es definir la función objetivo.

FUNCIÓN OBJETIVO

Denotemos como D_t la demanda en el periodo t. En la tabla 8-1, los valores de D_t están especificados por el pronóstico de la demanda. La función objetivo es minimizar el costo total (lo que equivale a maximizar la utilidad total mientras se satisface toda la demanda) en que se ha incurrido durante el horizonte de planeación. El costo incurrido tiene los siguientes componentes:

- Costo de mano de obra en tiempo regular
- Costo de mano de obra en tiempo extra
- Costo de contratación y despido
- Costo de mantener inventario
- Costo de desabasto
- Costo de subcontratar
- Costo de material

Estos costos se evalúan de la siguiente manera:

1. ***Costo de mano de obra en tiempo regular***. Recuerde que a los trabajadores se les paga un salario por tiempo regular de 640 dólares (\$4/hora × 8 horas/día × 20 días/mes) por mes. Debido a que W_t es el número de trabajadores en el periodo t, el costo de mano de obra en tiempo regular durante el horizonte de planeación se determina así:

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo regular} = \sum_{t=1}^{6} 640W_t$$

2. ***Costo de mano de obra en tiempo extra***. Como el costo de mano de obra en tiempo extra es de 6 dólares por hora (véase la tabla 8-2) y O_t representa el número de horas de tiempo extra trabajadas en el periodo t, el costo por tiempo extra durante el horizonte de planeación es

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo extra} = \sum_{t=1}^{6} 6O_t$$

3. ***Costo de contratación y despido***. El costo de contratar un trabajador es de 300 dólares y el de despedirlo es de 500 dólares (véase la tabla 8-2). H_t y L_t representan el número de contratados y el número de despedidos, respectivamente, en el periodo t. Por tanto, el costo de contratación y despido está dado por

$$\text{Costo de contratación y despido} = \sum_{t=1}^{6} 300H_t + \sum_{t=1}^{6} 500L_t$$

4. ***Costo de inventario y desabasto***. El costo de manejar inventario es de 2 dólares por unidad por mes, y el costo de desabasto es de 5 dólares por unidad por mes (véase la tabla 8-2). I_t y S_t representan las unidades en inventario y las unidades en desabasto, respectivamente, en el periodo t. Por tanto, el costo de mantener inventario y desabasto está dado por

$$\text{Costo de mantener inventario y desabasto} = \sum_{t=1}^{6} 2I_t + \sum_{t=1}^{6} 5S_t$$

5. ***Costo de materiales y subcontratación***. El costo de materiales es de 10 dólares por unidad y el costo de subcontratar es de 30 dólares/unidad (véase la tabla 8-2). P_t representa la cantidad producida y C_t representa la cantidad subcontratada en el periodo t. Por tanto, el costo de materiales y subcontratación es

$$\text{Costo de materiales y subcontratación} = \sum_{t=1}^{6} 10P_t + \sum_{t=1}^{6} 30C_t$$

El costo total incurrido durante el horizonte de planeación es la suma de los costos antes mencionados y está dado por

$$\sum_{t=1}^{6} 640W_t + \sum_{t=1}^{6} 6O_t + \sum_{t=1}^{6} 300H_t + \sum_{t=1}^{6} 500L_t + \sum_{t=1}^{6} 2I_t + \sum_{t=1}^{6} 5S_t + \sum_{t=1}^{6} 10P_t + \sum_{t=1}^{6} 30C_t \quad \textbf{(8.1)}$$

El objetivo de Red Tomato es encontrar un plan agregado que minimice el costo total (véase la ecuación 8.1) en el que incurrirá durante el horizonte de planeación.

Los valores de las variables de decisión en la función objetivo no pueden establecerse de manera arbitraria, pues están sujetas a diversas restricciones. El siguiente paso en el establecimiento del modelo de planeación agregada es definir con claridad las restricciones que unen las variables de decisión.

RESTRICCIONES

Ahora, el vicepresidente de Red Tomato debe especificar las restricciones que las variables de decisión no deben infringir. Éstas son:

1. ***Restricciones de fuerza de trabajo, contratación y despido.*** El tamaño de la fuerza de trabajo W_t en el periodo t se obtiene al sumar el número de contrataciones H_t en el periodo t al tamaño de la fuerza de trabajo W_{t-1} en el periodo $t - 1$, y restar el número de despidos L_t en el periodo t, como se muestra en seguida:

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \qquad \text{para} \qquad t = 1, \ldots, 6 \quad \textbf{(8.2)}$$

La fuerza de trabajo inicial está dada por $W_0 = 80$.

2. ***Restricciones de capacidad***. En cada periodo, la cantidad producida no puede ser superior a la capacidad disponible. Este conjunto de restricciones limita la producción total mediante la capacidad disponible interna total (la cual se determina con base en las horas laborables disponibles, regulares o extras). La producción subcontratada no se incluye en esta restricción debido a que está limitada a la producción dentro de la planta. Como cada trabajador puede producir 40 unidades por mes en tiempo regular (cuatro horas por unidad, como se especifica en la tabla 8-2) y una unidad por cada cuatro horas de tiempo extra, tenemos lo siguiente:

$$P_t \leq 40W_t + \frac{O_t}{4} \qquad \text{para} \qquad t = 1, \ldots, 6 \tag{8.3}$$

3. ***Restricciones de balance de inventario***. El tercer conjunto de restricciones balancea el inventario al final de cada periodo. La demanda para el periodo t se obtiene haciendo la suma de la demanda actual D_t y el backlog previo $S_{t\text{-}1}$. Esta demanda se satisface con la producción actual (producción interna P_t o producción subcontratada C_t) y el inventario anterior $I_{t\text{-}1}$ (en cuyo caso puede sobrar parte del inventario I_t) o parte de él se pone en backlog S_t. Esta relación se expresa en la siguiente ecuación:

$$I_{t-1} + P_t + C_t = D_t + S_{t-1} + I_t - S_t \qquad \text{para} \qquad t = 1, \ldots, 6 \tag{8.4}$$

El inventario inicial está dado por $I_0 = 1{,}000$, el inventario final debe ser cuando menos de 500 unidades (por ejemplo, $I_6 \geq 500$), e inicialmente no hay backlog (por ejemplo, $S_0 = 0$).

4. ***Restricciones sobre el límite de tiempo extra***. El cuarto grupo de restricciones requiere que ningún empleado trabaje más de 10 horas de tiempo extra cada mes. Este requerimiento limita la cantidad total de tiempo extra disponible de la siguiente manera:

$$O_t \leq 10W_t \qquad \text{para} \qquad t = 1, \ldots, 6 \tag{8.5}$$

Además, cada variable debe ser no negativa y por tanto no debe haber backlog al final del periodo 6 (por ejemplo, $S_6 = 0$).

Cuando se implementa el modelo en Microsoft Excel, el cual analizaremos más adelante, es más fácil si todas las restricciones se escriben de manera que el lado derecho para cada restricción sea 0. De este modo, la restricción del límite de tiempo extra (ecuación 8.5) se escribe como

$$O_t - 10W_t \leq 0 \qquad \text{para} \qquad t = 1, \ldots, 6$$

Observe que es fácil agregar restricciones que limitan la cantidad que cada mes se compra a los subcontratistas o el número máximo de empleados que se contratarán o despedirán. Puede acomodarse cualquier otra restricción que limite el backlog o los inventarios. Idealmente, el número de empleados debe ser una variable entera. Sin embargo, podemos obtener una buena aproximación permitiendo que el número de empleados tenga valores fraccionarios. Este cambio reduce en forma significativa el tiempo necesario para solucionar el problema. El programa lineal puede resolverse utilizando la herramienta Solver de Excel.

Si suponemos que el inventario promedio en el periodo t es el promedio de los inventarios inicial y final, esto es, $(I_{t-1} + I_t)/2$, el inventario promedio durante el horizonte de planeación es

$$\text{Inventario promedio} = \frac{(I_0 + I_T)/2 + \left(\sum_{t=1}^{T-1} I_t\right)}{T}$$

El tiempo promedio que las unidades permanecen en inventario durante el horizonte de planeación se obtiene mediante la ley de Little (tiempo de flujo promedio = inventario promedio/rendimiento). El tiempo promedio en inventario está dado por

TABLA 8-3 Plan agregado para Red Tomato

Periodo, t	*Núm. de contratados,* H_t	*Núm. de despedidos* L_t	*Tamaño de la fuerza de trabajo,* W_t	*Tiempo extra,* O_t	*Inventario,* I_t	*Desabasto,* S_t	*Sub-contratación,* C_t	*Producción total,* P_t
0	0	0	80	0	1,000	0	0	
1	0	15	65	0	1,983	0	0	2,583
2	0	0	65	0	1,567	0	0	2,583
3	0	0	65	0	950	0	0	2,583
4	0	0	65	0	0	267	0	2,583
5	0	0	65	0	117	0	0	2,583
6	0	0	65	0	500	0	0	2,583

$$\text{Tiempo promedio en inventario} = \left[\frac{(I_0 + I_T)/2 + \left(\sum_{t=1}^{T-1} I_t\right)}{T}\right] \Bigg/ \left[\frac{\left(\sum_{t=1}^{T} D_t\right)}{T}\right] \quad \textbf{(8.6)}$$

Al optimizar la función objetivo (minimización del costo en la ecuación 8.1) sujeta a las restricciones enumeradas (ecuaciones 8.2 a 8.5), el vicepresidente obtiene el plan agregado de la tabla 8-3 (más adelante en el capítulo analizaremos cómo realizar esta optimización utilizando Excel).

Para este plan agregado tenemos lo siguiente:

$$\text{Costo total durante el horizonte de planeación} = 422{,}275 \text{ dólares}$$

Red Tomato despide a un total de 15 empleados a principios de enero. Después, la compañía mantiene la fuerza de trabajo y el nivel de producción. No utiliza subcontratistas durante todo el horizonte de planeación. Mantiene un backlog sólo durante abril y mayo. En todos los demás meses, planean no tener desabasto. De hecho, Red Tomato mantiene inventario todos los demás periodos. Describimos este inventario como estacional, ya que se maneja en previsión de un futuro incremento en la demanda. Dado el precio de venta de 40 dólares por unidad y las ventas totales de 16,000, el ingreso durante el horizonte de planeación está dado por

$$\text{Ingresos durante el horizonte de planeación} = 40 \times 16{,}000 = 640{,}000 \text{ dólares}$$

El inventario estacional promedio durante el horizonte de planeación se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Inventario estacional promedio} = \frac{(I_0 + I_6)\Big/\left(2 + \sum_{t=1}^{5} I_t\right)}{T} = \frac{5{,}367}{6} = 895$$

El tiempo de flujo promedio para este plan agregado durante el horizonte de planeación (utilizando la ecuación 8.6) se calcula mediante esta expresión:

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{895}{2{,}667} = 0.34 = 0.34 \text{ meses}$$

Si crece la fluctuación estacional de la demanda, se hace más difícil la sincronización de la oferta y la demanda, lo que da como resultado un incremento en el inventario o en el backlog así

TABLA 8-4 Pronóstico de la demanda con alta fluctuación estacional

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Enero	1,000
Febrero	3,000
Marzo	3,800
Abril	4,800
Mayo	2,000
Junio	1,400

como un incremento en el costo total para la cadena de suministro. Esto se ilustra en el ejemplo 8-1, en el cual el pronóstico de la demanda es más variable.

Ejemplo 8-1 Toda la información es exactamente la misma que en nuestro análisis previo de Red Tomato, excepto por el pronóstico de la demanda. Suponga que la misma demanda total (16,000 unidades) se distribuye a lo largo de seis meses de manera tal que la fluctuación estacional de la demanda es mayor, como se muestra en la tabla 8-4. Obtener el plan agregado óptimo en este caso.

Análisis: En este caso, el plan agregado óptimo (utilizando los mismos costos que antes) se muestra en la tabla 8-5).

Observe que, aunque la producción mensual permanece constante, tanto los inventarios como el desabasto (backlog) crecen en comparación con el plan agregado de la tabla 8-3 para el perfil de la demanda en la tabla 8-1. El costo de satisfacer el nuevo perfil de la demanda de la tabla 8-4 es más alto en 432,858 dólares (comparado con 422,275 dólares para el perfil de la demanda anterior de la tabla 8-1).

El inventario estacional durante el horizonte de planeación se determina de la siguiente manera:

$$\text{Inventario estacional} = \frac{[(I_0 + I_T)/2] + \sum_{t=1}^{T-1} I_t}{T} = \frac{6{,}450}{6} = 1{,}075$$

El tiempo de flujo promedio para este plan agregado durante el horizonte de planeación (empleando la ecuación 8.6) está dado por

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{1{,}075}{2{,}667} = 0.40 \text{ meses}$$

Del ejemplo 8-1, podemos ver que el incremento en la variabilidad de la demanda en el detallista tiene un impacto arriba en la cadena de suministro desde el punto de vista del programa de producción del fabricante como también en la cantidad de espacio requerido para el inventario.

Utilizando el ejemplo de Red Tomato, también podemos ver que el equilibrio óptimo cambia conforme cambian los costos. Esto se ilustra en el ejemplo 8-2, donde demostramos que

TABLA 8-5 Plan agregado óptimo para la demanda en la tabla 8-4

Periodo, t	*Núm. de contratados, H_t*	*Núm. de despedidos L_t*	*Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t*	*Tiempo extra, O_t*	*Inventario, I_t*	*Desabasto, S_t*	*Subcontratación, C_t*	*Producción total, P_t*
0	0	0	80	0	1,000	0	0	
1	0	15	65	0	2,583	0	0	2,583
2	0	0	65	0	2,167	0	0	2,583
3	0	0	65	0	950	0	0	2,583
4	0	0	65	0	0	1,267	0	2,583
5	0	0	65	0	0	683	0	2,583
6	0	0	65	0	500	0	0	2,583

TABLA 8-6 Plan agregado óptimo para un costo de mantener inventario de 6 dólares/unidad/mes

Periodo, t	*Núm. de-contratados, H_t*	*Núm. de despedidos L_t*	*Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t*	*Tiempo extra, O_t*	*Inventario, I_t*	*Desabasto, S_t*	*Sub-contratación, C_t*	*Producción total, P_t*
0	0	0	80	0	1,000	0	0	
1	0	23	57	0	1,667	0	0	2,267
2	0	0	57	0	933	0	0	2,267
3	0	0	57	0	0	0	0	2,267
4	0	0	57	0	0	67	1,467	2,267
5	0	0	57	0	0	0	0	2,267
6	0	0	57	0	500	0	433	2,267

conforme se incrementa el costo de mantener inventario, es mejor tener menos inventario y recurrir al exceso de capacidad, al backlog o a la subcontratación.

Ejemplo 8-2 Suponga que la demanda en Red Tomato es la que se muestra en la figura 8-1, que toda información restante es la misma a excepción de que el costo de inventario por unidad se incrementa de 2 dólares por unidad por mes a 6 dólares por unidad por mes. Evalúe el costo total correspondiente al plan agregado en la tabla 8-3. Sugiera un plan agregado óptimo para la nueva estructura de costo.

Análisis: Si el costo de mantener inventario se incrementa de 2 a 6 dólares por unidad por mes, el costo correspondiente al plan agregado en la tabla 8-3 se incrementa de 422,275 a 442,742 dólares. Tomando este nuevo costo en consideración y determinando el nuevo plan agregado óptimo, se obtiene como resultado el plan mostrado en la tabla 8-6.

Como se esperaba, el inventario se reduce (debido a que el costo de mantener el inventario se ha incrementado) comparado con el plan agregado de la tabla 8-3. El plan se compensa mediante el incremento de la cantidad subcontratada. El costo total del plan agregado en la tabla 8-6 es 441,200 dólares, comparado con 442,742 dólares (para el plan agregado de la tabla 8-3), si el costo de inventario es de 6 dólares por unidad por mes.

El inventario estacional durante el horizonte de planeación está dado por

$$\text{Inventario estacional} = \frac{[(I_0 + I_T)/2] + \sum_{t=1}^{T-1} I_t}{T} = \frac{3{,}350}{6} = 558$$

El tiempo de flujo promedio para este plan agregado durante el horizonte de planeación (utilizando la ecuación 8.6) está dado por

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{558}{2{,}667} = 0.21 \text{ meses}$$

Del ejemplo 8-2, observamos que el incremento en el costo de una variable no sólo incrementa el costo total sino que mueve el balance fuera de esa variable. Un incremento en los costos de inventario en el fabricante lleva a un incremento en la producción subcontratada con el subcontratista.

ERROR DE PRONÓSTICO EN LOS PLANES AGREGADOS

La metodología de planeación agregada que hemos analizado en este capítulo no toma en consideración el error de pronóstico. Sin embargo, sabemos que todos los pronósticos tienen errores, por lo que para mejorar la calidad de estos planes agregados es necesario tomar en cuenta los errores de pronóstico. Éstos deben manejarse utilizando el *inventario de seguridad*, definido como el inventario mantenido para satisfacer la demanda que es más alta que la pronosticada (se analiza a profundidad en el capítulo 11), o la *capacidad de seguridad*, entendida como la capacidad empleada para satisfacer la demanda que es más alta que la pronosticada. La compañía

puede crear un amortiguador para el error de pronóstico utilizando el inventario de seguridad y la capacidad de seguridad de diversas maneras, algunas de las cuales mencionamos a continuación.

- Emplear el tiempo extra como una forma de capacidad de seguridad.
- Contar permanentemente con fuerza de trabajo extra como una forma de capacidad de seguridad.
- Utilizar subcontratistas como una forma de capacidad de seguridad.
- Construir y tener inventarios extras como una forma de inventario de seguridad.
- Comprar capacidad o producto en un mercado abierto o spot como una forma de capacidad de seguridad.

Las acciones que toma la compañía dependen del costo relativo de las opciones. Por supuesto, si en la práctica la empresa puede variar la capacidad en poco tiempo contratando personal extra, esto siempre será la opción. El problema con esta opción se relaciona con el costo (tanto monetario como moral) de despedir después a dicho personal.

En la siguiente sección explicamos cómo implementar la metodología de programación lineal para la planeación agregada utilizando Excel.

8.5 PLANEACIÓN AGREGADA EN EXCEL

A continuación, analizamos cómo generar el plan agregado para Red Tomato en la tabla 8-3, utilizando Excel. Para acceder a las capacidades de programación lineal de Excel utilizamos Solver (Herramientas | Solver o Tools | Solver). Para empezar, necesitamos crear una tabla, la cual ilustramos en la figura 8-1, que incluye las siguientes variables de decisión:

W_t = tamaño de la fuerza laboral para el mes t, $t = 1,\ldots, 6$
H_t = número de empleados contratados al inicio del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
L_t = número de empleados despedidos al inicio del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
P_t = número de unidades producidas en el mes t, $t = 1,\ldots, 6$
I_t = inventario al final del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
S_t = número de unidades en desabasto/backlog al final del mes t, $t = 1,\ldots, 6$
C_t = número de unidades subcontratadas para el mes t, $t = 1,\ldots, 6$
O_t = número de horas de tiempo extra trabajadas durante en el mes t, $t = 1,\ldots, 6$

El primer paso es construir una tabla que incluya cada variable de decisión. La figura 8-1 ilustra cómo se debe ver. Las variables de decisión están contenidas en las celdas B5 a I10, con cada celda correspondiente a una decisión variable. Por ejemplo, la celda D7 corresponde al tamaño de la fuerza de trabajo en el periodo 3. Empecemos por establecer todas las variables de decisión en 0 como se muestra en la figura 8-1.

FIGURA 8-1 Área de la hoja de cálculo para las variables de decisión

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	*Variables de decisión para el plan agregado*									
2–3	Periodo	H_t Núm. de Contratados	L_t Núm. de Despedidos	W_t Fuerza de trabajo	O_t Tiempo extra	I_t Inventario	S_t Desabasto	C_t Subcontratación	P_t Producción total	Demanda
4	0	0	0	80	0	1,000	0	0		
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,600
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3,000
7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3,200
8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	3,800
9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2,200
10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2,200

FIGURA 8-2 Área de la hoja de cálculo para las restricciones

	M	N	O	P
1	Restricciones			
2				
3	Fuerza de trabajo	Producción	Inventario	Tiempo extra
4				
5	0	0	0	646
6	0	0	0	646
7	0	0	0	646
8	0	0	0	646
9	0	0	0	646
10	0	0	0	646

Celda	Fórmula en la celda	Ecuación	Copiada a
M5	=D5 - D4 - B5 + C5	8.2	M6:M10
N5	=40*D5 + E5/4 -I5	8.3	N6:N10
O5	=F4-G4+I5+H5-J5-F5+G5	8.4	O6:O10
P5	=-E5 + 10*D5	8.5	P6:P10

También observe que la columna J contiene la demanda real. Se incluye la información de la demanda debido a que es necesaria para calcular el plan agregado.

El segundo paso es construir una tabla para las restricciones en las ecuaciones 8.2 y 8.5. La tabla de restricciones puede construirse como se muestra en la figura 8-2.

En la columna M se encuentran las restricciones de la fuerza de trabajo (ecuación 8.2); la columna N contiene las restricciones de capacidad (ecuación 8.3); la columna O contiene las restricciones de balance de inventario (ecuación 8.4), y en la columna P se hallan las restricciones de tiempo extra (ecuación 8.5). Estas restricciones se aplican a cada uno de los seis periodos.

Cada restricción irá escribiéndose en el Solver como

$$\text{Valor de la celda } \{\leq,\ =,\text{ o }\ \geq\}\ 0$$

En nuestro caso tenemos las restricciones

$$M5 = 0, N5 \geq 0, O5 = 0, P5 \geq 0$$

El tercer paso es crear una celda que contenga la función objetivo, la cual es la manera en que se juzga cada solución. Esta celda no necesita contener toda la fórmula sino que puede escribirse como una fórmula empleando las celdas con cálculos intermedios del costo. Para el ejemplo de Red Tomato, todos los cálculos del costo se muestran en la figura 8-3. Por ejemplo, la celda B15 contiene los costos de contratación en los que se incurrió en el periodo 1. La fórmula en la

FIGURA 8-3 Área de la hoja de cálculo para los cálculos del costo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
12	Costos del plan agregado								
13									
14	Periodo	Despidos	Contratación	Tiempo regular	Tiempo extra	Inventario	Desabasto	Subcontratación	Material
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	2	0	0	0	0	0	0	0	0
17	3	0	0	0	0	0	0	0	0
18	4	0	0	0	0	0	0	0	0
19	5	0	0	0	0	0	0	0	0
20	6	0	0	0	0	0	0	0	0
21									
22	Costo total =		$ -						

FIGURA 8-4 Cuadro de diálogo de los parámetros de Solver



celda B15 es el producto de la celda B5 y la celda que contiene el costo de contratación por trabajador, y se obtiene de la tabla 8-2. Las otras celdas se llenan de manera similar. La celda C22 contiene la suma de las celdas B15 a I20, que representa el costo total.

El cuarto paso es emplear Herramientas | Solver para llamar a Solver. Dentro del cuadro de diálogo de los parámetros de Solver, hay que introducir la siguiente información para representar el modelo de programación lineal:

Celda de destino: C22
Igual a: seleccionar *Min*
Mediante el cambio de celdas: B5:I10
Sujeto a las restricciones:
B5:I10 $\geq$ 0 {todas las variables de decisión no negativas}
F10 $\geq$ 500 {Inventario al final del periodo 6 es al menos 500}
G10 $=$ 0 {Desabasto al final del periodo 6 igual a 0}
M5:M10 $= 0$ $\{W_t - W_{t-1} - H_t + L_t = 0$ para $t = 1, \ldots, 6\}$
N5:N10 ≥ 0 $\{40W_t + O_t/4 - P_t \geq 0$ para $t = 1, \ldots, 6\}$
O5:O10 $= 0$ $\{I_{t-1} - S_{t-1} + P_t + C_t - D_t - I_t + S_t = 0$ para $t = 1, \ldots, 6\}$
P5:P10 ≥ 0 $\{10W_t - O_t \geq 0$ para $t = 1, \ldots, 6\}$

El cuadro de diálogo de los parámetros Solver se muestra en la figura 8-4. Dentro del cuadro, haga clic en Opciones y luego seleccione Asume Linear Model (esto acelerará significativamente el tiempo de solución). Seleccionar esta opción permite que Solver reconozca un problema de programación lineal y utilice algoritmos más rápidos que no funcionan con problemas no lineales. Regrese al cuadro de diálogo y haga clic en Solve. La solución óptima deberá aparecer. Si Solver no devuelve la solución óptima, resuelva el problema de nuevo después de guardar la solución que Solver ha devuelto. (En algunos casos, se pueden necesitar muchas repeticiones de este paso, esto debido a algunos errores que vienen con la versión de Solver de Excel. Existen complementos a un costo relativamente bajo que no tienen estos problemas.) La solución óptima resulta ser la que se muestra en la tabla 8-3.

8.6 EL PAPEL DE LA TI EN LA PLANEACIÓN AGREGADA

Puede decirse que la planeación agregada es el área de la cadena de suministro en la cual la tecnología de la información se ha utilizado más. Los primeros productos de TI para cadenas de suministro fueron los módulos de planeación agregada, con frecuencia llamados planeación de fábrica, producción o fabricación. Algunos de estos módulos se enfocan sólo en la obtención de un plan de producción viable sujeto a las restricciones que surgen de la demanda

y la capacidad disponible. Los módulos posteriores proporcionaron las herramientas que escogen la solución óptima entre los planes de producción factibles, con base en objetivos tales como incremento en la producción o disminución del costo.

Estas soluciones clásicas formularon el problema de la planeación agregada como un programa lineal (PL) para conseguir un programa de producción de productos que se haga en cada periodo. En la actualidad, algunos módulos de planeación incorporan la optimización no lineal para tomar en cuenta el hecho de que no todas las restricciones o funciones objetivo razonables son funciones lineales. Sin embargo, dada la gran cantidad de información considerada en la producción de planes agregados, la cual puede producir problemas no lineales prohibitivos en términos computacionales, y la capacidad de crear aproximaciones lineales de funciones no lineales, la programación lineal con frecuencia es la mejor manera de solucionar estos problemas.

En la actualidad, los módulos de planeación de la cadena de suministro combinan tanto la planeación de la producción como la planeación del inventario. El módulo de planeación utiliza el resultado del módulo de pronóstico como una restricción al configurar el programa de producción y los niveles de inventario. Estos dos últimos se emplean por el sistema de ejecución para la producción real de los bienes y el establecimiento de niveles de inventario a lo largo de la cadena de suministro. Dada la complejidad del problema, los módulos de planeación agregada pueden agregar un valor significativo, incluso a las compañías pequeñas.

Existen numerosas dimensiones junto con la TI que agregan valor al dominio de la planeación agregada:

- La capacidad de manejar grandes problemas
- La capacidad de manejar problemas complejos (a través de optimización no lineal o aproximaciones lineales)
- La capacidad de interactuar con otros sistemas centrales de TI tales como administración del inventario y abastecimiento

Debido a que los problemas de planeación agregada son muy complejos, con frecuencia no hay otra manera de llegar a una solución factible que a través de la TI.

Los grandes fabricantes de software en esta área incluyen las compañías de software ERP (SAP y Oracle) y a los mejores jugadores (como i2 Technologies y Manugistics). Algunas de las compañías también especializan su software de planeación por industria. Por ejemplo, los problemas de planeación de la producción de una compañía petrolera se estructuran de manera diferente de aquellos de un fabricante de aviones. Estas diferencias permiten a las compañías de TI incrementar el valor de su producto al enfocarse en industrias particulares.

8.7 IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANEACIÓN AGREGADA EN LA PRÁCTICA

1. ***Pensar más allá de la compañía a lo largo de toda la cadena de suministro***. En la actualidad la mayor parte de la planeación agregada limita su área únicamente a la compañía. Sin embargo, muchos factores externos a la firma a lo largo de la cadena afectan el plan agregado óptimo de manera drástica. Por tanto, al planear, evite caer en la trampa de pensar sólo en la compañía. Trabaje con los socios cadena abajo para producir los pronósticos y cadena arriba para determinar las restricciones y con cualquier otra entidad de la cadena que pueda mejorar la calidad de la información dentro del plan agregado. El plan es tan bueno como la calidad de la información. De manera que utilizar la cadena para incrementar la calidad de los datos mejorará en gran medida la calidad del plan agregado. Asegúrese de comunicar el plan a todos los socios de la cadena que se verán afectados por él.

2. ***Haga planes flexibles, ya que los pronósticos siempre están equivocados***. Los planes agregados se basan en los pronósticos de la demanda futura. Dado que éstos siempre están equivocados en cierto grado, para que la planeación agregada sea útil necesita tener un poco de flexibilidad. Así, cuando la demanda futura cambie o se susciten otros cambios (como incrementos en los costos), el plan puede ajustarse de manera apropiada para manejar la situación.

¿Cómo creamos esta flexibilidad? Además de las sugerencias previas en el capítulo, recomendamos que el gerente realice un análisis de sensibilidad sobre los datos dentro del plan agregado. Por ejemplo, si el plan recomienda expandir la capacidad costosa al mismo tiempo que enfrenta incertidumbre de la demanda, examine el resultado de un nuevo plan agregado cuando la demanda es más alta y cuando es más baja de lo esperado. Si el examen revela un pequeño ahorro con la expansión de la capacidad cuando la demanda es alta pero un gran incremento en el costo cuando la demanda es más baja de lo esperado, una opción potencialmente atractiva es posponer la inversión. Utilizar el análisis de sensibilidad sobre los datos dentro del plan agregado permite al planificador escoger la mejor solución para un rango de posibilidades que pudieran ocurrir.

3. ***Actualice el plan agregado cada vez que surjan nuevos datos***. Como hemos mencionado, los planes agregados proporcionan un mapa para los siguientes tres a 18 meses. Esto no significa que la compañía deba ejecutar los planes agregados sólo una vez cada 3 a 18 meses. Conforme cambian los datos, como el pronóstico de la demanda, los gerentes deben utilizar los últimos valores y ejecutar nuevamente el plan agregado. Al utilizar los últimos datos, el plan evitará la suboptimización con base en la vieja información y producirá una mejor solución.

4. ***Utilice la planeación agregada conforme se incremente la capacidad de utilización***. Es de sorprender que muchas compañías no creen planes agregados y que en su lugar se apoyen solamente en los pedidos de sus distribuidores o almacenes para determinar los programas de producción. Estos pedidos se determinan de acuerdo con la demanda actual o mediante algoritmos de administración del inventario. Si la compañía no tiene problemas para satisfacer la demanda de esta manera, entonces es posible que la carencia de la planeación agregada no dañe a la compañía de manera significativa. Sin embargo, cuando la utilización se vuelve alta y la capacidad es un tema a considerar, apoyarse en los pedidos para establecer el programa de producción puede llevar a problemas en la capacidad. Cuando la utilización es alta, la probabilidad de producir en función de todos los pedidos conforme van llegando es muy baja. La planeación necesita llevarse a cabo para utilizar mejor la capacidad a fin de cumplir la demanda pronosticada. Por tanto, conforme se incrementa la utilización de la capacidad, se vuelve más importante realizar una planeación agregada.

8.8 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Identificar las decisiones que se solucionan mejor mediante la planeación agregada.

   La planeación agregada se emplea para determinar mejor las decisiones sobre capacidad, producción e inventario para cada periodo durante un periodo de tres a 18 meses. Es muy importante realizar una planeación agregada cuando la capacidad es limitada y los tiempos de espera son largos.
2. Entender la importancia de la planeación agregada como una actividad de la cadena.

   La planeación agregada tiene impacto significativo en el desempeño de la cadena de suministro y debe ser vista como una actividad que involucra a todos los socios de la cadena. Un plan agregado preparado por una compañía en aislamiento no es muy útil ya que no toma en consideración todos los requerimientos del cliente y las restricciones del proveedor. La planeación agregada localizada no sirve para igualar la oferta y la demanda. La buena planeación agregada se realiza en colaboración tanto de los clientes como de los proveedores, ya que se requieren datos precisos de ambas partes. La calidad de los datos, en términos del pronóstico de la demanda a satisfacer y de las restricciones que deben cumplirse, determina la calidad del plan agregado. Los resultados de éste deben ser compartidos también a lo largo de la cadena, ya que influyen en las actividades tanto de los clientes como de los proveedores. Para los segundos, el plan agregado determina los pedidos previstos; mientras que para los clientes, determina el suministro planeado.
3. Describir la información necesaria para producir un plan agregado.

   Para crear un plan agregado, el planificador necesita el pronóstico de la demanda, la información sobre los costos y la producción y cualquier restricción del suministro. El pronóstico de la demanda consiste en un estimado de la demanda para cada lapso en el horizonte de planeación. Los datos sobre

la producción y el costo consisten en los niveles de capacidad y los costos para incrementarlos o disminuirlos, los costos de producción, los costos de almacenar el producto, los costos de desabasto del producto y cualquier restricción que limite estos factores. Las restricciones del suministro determinan los límites sobre el outsourcing, el tiempo extra o los materiales.

4. Explicar los equilibrios básicos que deben considerarse cuando se crea un plan agregado.

   Los equilibrios básicos implican balancear el costo de la capacidad, el costo del inventario y el costo de desabasto para maximizar la rentabilidad. Incrementar cualquiera de estos tres permite al planificador disminuir los otros dos.

5. Formular y resolver problemas básicos de planificación agregada empleando Microsoft Excel.

   Los problemas de planeación agregada pueden resolverse con Excel estableciendo celdas para la función objetivo y las restricciones y recurriendo a Solver para producir una solución.

Preguntas de discusión

1. ¿Cuáles son algunas industrias en las que la planeación agregada sería particularmente importante?
2. ¿Cuáles son las características de estas industrias que las hacen buenas candidatas para la planeación agregada?
3. ¿Cuáles son las principales diferencias entre las estrategias de la planeación agregada?
4. ¿Qué tipos de industrias o situaciones están mejor adaptadas para la estrategia de persecución? ¿La estrategia de flexibilidad? ¿La estrategia de nivel?
5. ¿Cuáles son las principales categorías de costo necesarias como datos para la planeación agregada?
6. ¿Cómo afecta la disponibilidad de la subcontratación al problema de la planeación agregada?
7. Si una compañía emplea en la actualidad una estrategia de persecución y el costo de capacitación se incrementa drásticamente, ¿cómo puede esto cambiar la estrategia de la planeación agregada de la compañía?
8. ¿Cómo puede emplearse la planeación agregada en un ambiente de alta incertidumbre en la demanda?

Ejercicios

1. Skycell, uno de los principales fabricantes europeos de teléfonos celulares, está preparando los planes de producción para el siguiente año. Skycell ha trabajado con sus clientes (los proveedores del servicio) para obtener pronósticos de los requerimientos mensuales (en miles de teléfonos) como se muestra en la tabla 8-7.

   La manufactura es principalmente una operación de ensamblaje y la capacidad se rige por el número de personas en la línea de producción. La planta opera 20 días por mes, ocho horas al día. Una persona puede ensamblar un teléfono cada 10 minutos. Los trabajadores reciben un salario de 20 euros por hora y una prima de 50% por tiempo extra. La planta emplea actualmente 1,250 trabajadores. El costo de los componentes de cada teléfono totaliza 20 euros. Dado el rápido descenso en los precios de los componentes y de los productos terminados, mantener inventario de un mes al siguiente incurre en un costo de 3 euros por teléfono por mes. Skycell actualmente no tiene en práctica una política de despidos. El tiempo extra está limitado a un máximo de 20 horas por mes por empleado. Suponga que Skycell tiene un inventario inicial de 50,000 unidades y que quiere terminar el año con el mismo nivel.

   (a) Suponiendo que no hay backlogs, subcontratación y nuevas contrataciones de empleados, ¿cuál es el programa de producción óptimo? ¿Cuál es el costo anual de este programa?

TABLA 8-7 Demanda mensual de teléfonos celulares, en miles

Mes	*Demanda*	*Mes*	*Demanda*
Enero	1,000	Julio	1,600
Febrero	1,100	Agosto	900
Marzo	1,000	Septiembre	1,100
Abril	1,200	Octubre	800
Mayo	1,500	Noviembre	1,400
Junio	1,600	Diciembre	1,700

(b) ¿Existe algún valor con que la administración pueda negociar un incremento del tiempo extra permitido por empleado por mes de 20 a 40 horas?
(c) Reconsidere las partes (a) y (b) si Skycell inicia con sólo 1,200 empleados. Reconsidere las partes (a) y (b) si Skycell inicia con 1,300 empleados. ¿Qué ocurre con el valor del tiempo extra adicional conforme la fuerza de trabajo disminuye?
(d) Considere la parte a) para el caso en el cual Skycell apunta a un programa de producción de nivel en el que la cantidad producida cada mes no exceda la demanda promedio de los siguientes 12 meses (1,241,667) por 50,000 unidades. La producción mensual incluyendo el tiempo extra no es más de 1,291,667. ¿Cuál sería el costo de un programa de producción de nivel? ¿Cuál es el valor de la flexibilidad del tiempo extra?

2. Reconsidere los datos del ejercicio 1. Suponga que la planta tiene 1,250 empleados y una política de no despidos. El tiempo extra está limitado a 20 horas por empleado por mes. Un tercero ha ofrecido producir los teléfonos celulares a un costo de 26 dólares por unidad (esto incluye los costos de los componentes de 20 dólares por unidad).
   (a) ¿Cuál es el promedio por unidad de la producción interna (incluyendo los costos de mantenimiento de inventarios y tiempo extra), si no se emplea al tercero?
   (b) ¿Cómo debe emplear Skycell al tercero? ¿Cómo cambia su respuesta si el tercero ofrece un precio de 25 dólares por unidad?
   (c) ¿Debe Skycell utilizar al tercero, si el costo por unidad es de 28 dólares?
   (d) ¿Por qué utiliza Skycell a un tercero incluso cuando el costo por unidad de este tercero es más alto que el costo por unidad promedio (incluyendo mantenimiento de inventario y tiempo extra) de la producción interna?
3. Reconsidere los datos de Skycell del ejercicio 1. Suponga que la planta tiene 1,250 empleados y una política de no despidos. El tiempo extra está limitado cuando mucho a 20 horas por empleado por mes. También suponga que no hay opción de subcontratación. Skycell tiene un equipo de 50 personas que están dispuestas a trabajar como empleados temporales. El costo de traerlos es de 800 euros por empleado y el costo por despido es de 1,200 euros por empleado.
   (a) ¿Cuál es el programa óptimo de producción, contratación y despido?
   (b) ¿Cómo cambia el programa óptimo si la agregación estacional crece de 50 a 100?
   (c) En relación con tener 1,250 empleados permanentes y 50 estacionales, ¿ganaría significativamente Skycell si sólo tuviese 1,100 empleados permanentes y 200 estacionales?
   (d) Considere el caso en el cual Skycell tiene 1,250 empleados permanentes y 50 estacionales. ¿Qué diría acerca de la política de no despidos para los empleados permanentes? Suponga que los empleados permanentes pueden ser contratados o despedidos al mismo costo de los empleados estacionales.
4. FlexMan, un fabricante por contrato de electrónica, utiliza su instalación en Topeka, Kansas, para producir dos categorías de productos: enrutadores e interruptores. La consulta con los clientes ha indicado que el pronóstico de la demanda para cada categoría durante los siguientes 12 meses (en miles de unidades) es como se muestra en la tabla 8-8.

   La fabricación es principalmente una operación de ensamblaje, y la capacidad se rige por el número de personas en la línea de producción. La planta opera 20 días por mes, ocho horas por día. La producción de un enrutador tarda 20 minutos y la de un interruptor requiere 10 minutos del tiempo de un trabajador. Cada trabajador recibe 10 dólares por hora más 50% como prima por tiempo extra. La planta tiene actualmente 6,300 empleados. El tiempo extra está limitado a 20 horas por empleados por mes. La planta mantiene actualmente 100,000 enrutadores y 50,000 interruptores en inventario. El costo de mantener un enrutador en inventario es de 2 dólares por mes y de 1 dólar por mes el de un interruptor. El costo de mantenimiento se incrementa debido a que los productos los paga el cliente a las tarifas de mercado existentes al momento de comprarlos. Por tanto, si FlexMan produce con anticipación y mantiene un inventario, la compañía recupera menos, a causa de la caída rápida de los precios de los componentes.
   (a) Suponiendo que no hay backlog, subcontratación, despidos ni nuevas contrataciones, ¿cuál es el programa de producción óptima para FlexMan? ¿Cuál es el costo anual de este programa? ¿Qué inventarios construye la programación de la óptima producción? ¿Esto parece razonable?

TABLA 8-8 Pronóstico de la demanda para FlexMan

Mes	*Demanda de enrutadores*	*Demanda de interruptores*	*Mes*	*Demanda de enrutadores*	*Demanda de interruptores*
Enero	1,800	1,600	Julio	1,200	700
Febrero	1,600	1,400	Agosto	1,400	800
Marzo	2,600	1,500	Septiembre	2,500	1,400
Abril	2,500	2,000	Octubre	2,800	1,700
Mayo	800	1,500	Noviembre	1,000	800
Junio	1,800	900	Diciembre	1,000	900

(b) ¿Hay algún valor con el cual la administración pueda negociar un incremento en el tiempo extra permitido por empleado por mes de 20 a 40 horas? ¿Qué variables se ven afectadas por este cambio?

(c) Reconsidere las partes (a) y (b) si FlexMan comienza sólo con 5,900 empleados. Reconsidere las partes (a) y (b) si FlexMan empieza con 6,700 empleados. ¿Qué ocurre con el valor del tiempo extra adicional conforme la fuerza de trabajo desciende?

5. Reconsidere la información de FlexMan del ejercicio 4. La compañía está considerando la opción de cambiar el tamaño de la fuerza de trabajo con la demanda. El costo de contratar un nuevo empleado es 700 dólares y el costo de un despido es de 1,000 dólares. El empleado tarda dos meses en alcanzar su capacidad completa de producción. Durante esos dos meses, un nuevo empleado proporciona sólo 50% de productividad. Anticipándose a un patrón similar de la demanda el próximo año, FlexMan apunta a terminar el año con 6,300 empleados.
   (a) ¿Cuál es el programa óptimo de producción, contratación y despidos? ¿Cuál es el costo de dicho programa?
   (b) Si FlexMan pudiera mejorar la capacitación de manera que los nuevos empleados lograran una productividad completa inmediatamente, ¿qué mejoría se observaría en el costo anual de la compañía? ¿Cómo es afectada la política de contratación y despidos durante el año por este cambio?

6. FlexMan ha identificado a un tercero que está dispuesto a producir enrutadores e interruptores según se necesiten y que cobrará 6 dólares por enrutador y 4 dólares por interruptor. Suponga que toda la demás información es igual a la del ejercicio 4, excepto que sí se permite la contratación y los despidos, como en el ejercicio 5.
   (a) ¿Cómo debe utilizar FlexMan a este tercero si los nuevos empleados proporcionan sólo 50% de productividad en los primeros dos meses?
   (b) ¿Cómo debe utilizar FlexMan al tercero si los nuevos empleados son capaces de lograr una completa productividad inmediatamente?
   (c) ¿Por qué el uso de un tercero cambia con la productividad de los nuevos empleados?

7. Regrese a la información de FlexMan del ejercicio 4. La compañía ha firmado un acuerdo de nivel de servicio con sus clientes y se ha comprometido a llevar un inventario de seguridad de un mes al siguiente que iguale al menos 15% de la demanda del siguiente mes. Por tanto, FlexMan está comprometido a llevar cuando menos $0.15 \times 1{,}800{,}000 = 270{,}000$ enrutadores y $0.15 \times 1{,}600{,}000 = 240{,}000$ en inventario desde diciembre a enero.
   (a) Suponiendo que no hay backlog, ni subcontratación, ni despidos ni nuevas contrataciones, ¿cuál es el programa de producción óptima para FlexMan? ¿Cuál es el costo anual de este programa?
   (b) ¿Cuánto incrementa los costos para FlexMan el contrato de servicio que ordena inventarios mínimos?
   (c) ¿Cuál sería el incremento en el costo si FlexMan accediera a un mínimo de 15% para interruptores pero sólo un mínimo de 5% para enrutadores? ¿Cuál sería el incremento en el costo si FlexMan accediera a un mínimo de 5% para interruptores pero un mínimo de 15% para enrutadores? ¿Cuál de los dos es mejor para Flex Man?

ESTUDIO DE CASO



SPECIALTY PACKAGING CORPORATION, PARTE B

Julie Williams, gerente de planeación de producción de la planta de Specialty Packaging Corporation (SPC), concluyó la reunión con el equipo de pronóstico colaborativo en que establecieron los pronósticos y estimados de error para los siguientes tres años. Ahora necesita determinar cómo satisfacer esta demanda. Ya que a veces SPC subcontrata el almacenaje a sus socios en la cadena de suministro, una decisión que Julie tuvo que tomar fue la de usar almacenaje público o privado. También tuvo que decidir cuánto espacio de almacenamiento debía arrendar o construir si es que escogía el uso de almacenaje privado.

SPC

Del análisis de este caso en el capítulo 7, recuerde que SPC procesa resina de poliestireno y la transforma en envases desechables/reciclables para la industria alimenticia. El poliestireno se compra como materia prima en forma de pelotillas. Luego se descarga de los contenedores de ferrocarril o camiones remolque en silos de almacenamiento para después fabricar los envases de comida en un proceso de dos pasos. Primero, la resina se transporta a un extrusor, el cual la convierte en una hoja de poliestireno que se enrolla. El plástico viene en dos formas, claro y oscuro. Los rollos se usan inmediatamente para fabricar los envases o se almacenan. Segundo, los rollos se cargan en las prensas termoformadoras, las cuales dan a la hoja la forma de envases, los cuales se cortan y se separan de la hoja. Los dos pasos de fabricación se muestran en la figura 7-1. SPC opera en la actualidad durante 63 días hábiles cada trimestre. Cada día consta de ocho horas de tiempo regular y cualquier cantidad de tiempo extra programado.

PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA LOS SIGUIENTES TRES AÑOS

El equipo de pronóstico colaborativo utilizó los datos de la demanda histórica de la tabla 7-4 suplementada con los datos de desabasto para desarrollar un pronóstico de la demanda trimestral tanto para los envases claros como oscuros. El pronóstico de la demanda entre 2007 y 2009 se muestra en la tabla 8-9.

EXTRUSORES

El proceso de extrusión es de capital intensivo, como lo es la inversión en instalaciones. Para tal efecto, la planta tiene en la actualidad 14 extrusores, cada uno con una capacidad de procesamiento de 3,000 libras por hora. Se requiere de una conversión de extrusor siempre que hay un cambio de hojas claras a oscuras. SPC estima que se pierde 5% de la capacidad debido a las conversiones. La capacidad de procesamiento efectiva de un extrusor es de 2,850 libras por hora. Cada uno requiere de seis trabajadores. SPC paga a cada trabajador 15 dólares por hora, incluyendo prestaciones. El tiempo extra se paga a 150% del salario de tiempo regular. Se limita a los trabajadores a 60 horas de tiempo extra por trimestre.

Los extrusores son bastante caros, y para agregar uno de ellos, es necesario contratar seis personas más. Cada nuevo extrusor incurre en un costo fijo de 80,000 dólares por trimestre. Cualquier personal contratado necesita capacitarse, cuyo costo es de 3,000 dólares por persona. Como resultado, SPC ha decidido no comprar nuevos extrusores durante el horizonte de planeación. En cualquier trimestre, los extrusores disponibles pueden estar inactivos si no son utilizados. El único ahorro aquí es el salario asociado a los trabajadores. El despido de cualquiera de ellos, sin embargo, cuesta 2,500 dólares. Si los extrusores son llevados en línea, SPC incurre en un costo de capacitación de 3,000 dólares por trabajador.

PRENSAS TERMOFORMADORAS

La planta actualmente tiene 25 prensas de termoformado. Cada una requiere de un operador y produce envases a una tasa de 2,000 libras por hora. SPC paga a cada operador 15 dólares por hora incluyendo prestaciones. El tiempo extra se paga a 150% del salario de tiempo regular. Los trabajadores están limitados a 60 horas de tiempo extra por trimestre. Las prensas pueden estar paradas durante el trimestre si es que no van a utilizarse. El despido de un operador de termoformado cuesta 2,500 dólares y la capacitación de uno nuevo 3,000 dólares.

SUBCONTRATACIÓN

SPC tiene la opción de subcontratar la producción de hojas de plástico a uno de sus socios de la cadena de suministro; hay suficiente capacidad disponible en el mercado abierto. SPC gasta 60 dólares por 1,000 libras de hoja de plástico producida por el subcontratista.

PRÁCTICAS DE ADMINISTRACIÓN DE MATERIALES

La resina comprada se almacena en silos. Como no hay escasez en el mercado, puede comprarse con facilidad a 10 dólares por 1,000 libras cuando se necesite. Como resultado, la práctica de SPC ha sido comprar la resina de manera trimestral para ajustarse a la producción planeada.

Conforme los extrusores producen los rollos de las hojas de plástico, la cantidad requerida se alimenta a las prensas de termoformado, el resto es conducido vía tráiler a uno de los dos almacenes. La transportación es nuevamente re-

TABLA 8-9 Pronóstico de la demanda de envases de plástico claros y oscuros

Año	*Trimestre*	*Pronóstico de plástico oscuro ('000 lb)*	*Pronóstico de plástico claro ('000 lb)*
2007	I	6,650	7,462
	II	4,576	18,250
	III	6,293	8,894
	IV	13,777	4,064
2008	I	7,509	8,349
	II	5,149	20,355
	III	7,056	9,891
	IV	15,399	4,507
2009	I	8,367	9,235
	II	5,721	22,461
	III	7,819	10,889
	IV	17,021	4,950
		MAD = 608	MAD = 786

querida para traer las hojas de regreso del almacén cuando se necesitan para alimentar las prensas de termoformado. El costo total de transportación para SPC es de 2 dólares por 1,000 libras de hoja de plástico. Cada trimestre, SPC sigue una política de primero utilizar las hojas almacenadas para el termoformado y luego utilizar las hojas recién producidas. Cualquier hoja sobrante al final del trimestre se lleva al almacén. Esta política se sigue para asegurar que las hojas no se deterioran debido al tiempo en almacenaje.

ALMACENAJE PÚBLICO

El almacenaje público cobra a los clientes tanto por el manejo de material como por el almacenaje. La planta de SPC tiene contratos con los almacenes locales para almacenar material sobre la base de mil libras. Los cargos por manejo van de los 4 dólares a los 6 dólares por 1,000 libras descargadas en el almacén. Los cargos por almacenaje van de los 10 dólares a los 12 dólares por cada 1,000 libras en almacenaje al final del trimestre. La planta de SPC negocia cada año con los almacenes locales para establecer las tarifas para cada elemento del costo.

ALMACENAJE PRIVADO

Operar un almacén privado requiere una inversión de capital, ya sea para construir la instalación o para rentar la existente. Las tarifas de arrendamiento en cualquier ubicación están determinadas por las economías asociadas con los costos de construcción en esa ubicación y el valor de la opción de un arrendamiento en comparación con un compromiso de capital de largo plazo. Los arrendamientos son, en general, forzosos por tres años, pero el lapso puede ser más corto dependiendo de las fortalezas de negociación de la compañía. Varias opciones de arrendamiento viables existen para la planta de SPC, todas más favorables que la opción de construir una nueva instalación. Las tarifas de arrendamiento promedian 4 dólares por pie cuadrado por trimestre en cada ubicación. En promedio, se requiere un pie cuadrado por cada 1,000 libras de almacenamiento.

El almacenamiento privado tiene impacto en los costos operativos, tanto variables como fijos, y está disponible con un proveedor de logística que está de acuerdo en cobrar a SPC un costo variable operativo de 4 dólares por cada 1,000 libras de hoja de plástico almacenada por trimestre. Para obtener esta tarifa, SPC debe firmar un arrendamiento por tres años. Como resultado, SPC pagará por el espacio cada trimestre aun cuando no sea utilizado. SPC debe tomar este costo en consideración al tomar la decisión.

SPC debe considerar varias variables al determinar la cantidad de espacio de almacenamiento que requiere. El espacio de almacenamiento utilizable es la fracción de almacenamiento que puede ser empleado en realidad para almacenar inventario. Se realizaron consideraciones para el espacio de pasillo, espacio de plataforma para envíos y recepción, espacio de oficinas administrativas y altura de techos. La densidad del almacenaje es otra de las consideraciones. SPC debe tomar en consideración la velocidad y los tiempos de movimiento de los materiales ya que el nivel de personal requerido y las configuraciones de almacenamiento dependen de las dos primeras. Por ejemplo, si los materiales deben ser traídos con rapidez, el diseño del almacén debe incluir una proporción mayor de pasillo y de espacio de plataforma al espacio de almacenamiento real.

LAS ACCIONES Y LAS DECISIONES

Julie y su grupo deben llevar a cabo dos acciones. La primera, dado el pronóstico de tres años como el que se muestra en la tabla 8-7, es trazar un plan de producción agregado. La segunda es escoger alguna de las siguientes tres opciones:

1. Continuar con la estrategia de almacenar los materiales en un almacén público.

2. Arrendar y dirigir un almacén privado para manejar el inventario fuera de la planta.
3. Utilizar una combinación de almacenamiento público y privado.

En el caso del almacenamiento privado, Julie debe tomar una decisión respecto a los pies cuadrados que deben arrendarse. Esta decisión aplicará durante el periodo de 2007 a 2009. Resulta claro que la decisión debe tomarse en conjunción con la preparación de un plan agregado para un periodo de tres años. Idealmente, las dos decisiones deberían tomarse de manera conjunta, puesto que se afectan entre sí.

¿Qué factores piensa que influyen en las acciones y decisiones? Por ejemplo, ¿considera que el precio que cobra el subcontratista tiene alguna relación con la cantidad de espacio de almacenamiento privado que va a ser arrendado?

Julie también tiene que decidir cómo manejar cualquier error potencial en el pronóstico de la demanda. ¿Cómo recomendaría que manejara estos errores?

CAPÍTULO 9

PLANEACIÓN DE LA OFERTA Y LA DEMANDA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO: ADMINISTRACIÓN DE LA VARIABILIDAD PREDECIBLE

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Administrar la oferta para mejorar la sincronización en la cadena de suministro ante la variabilidad predecible.
2. Administrar la demanda para mejorar la sincronización en la cadena de suministro ante la variabilidad predecible.
3. Emplear la planeación agregada para maximizar la rentabilidad ante la variabilidad predecible en la cadena de suministro.

En el capítulo 8 analizamos el modo en que las compañías administran la oferta mediante el uso de la planeación agregada para establecer equilibrios óptimos que tienen como finalidad maximizar las utilidades. En este capítulo, partimos de ese conocimiento y continuamos expandiendo nuestro alcance más allá de la empresa hasta la cadena de suministro mientras enfrentamos la variabilidad predecible de la demanda. Asimismo, estudiamos la forma en que la demanda puede administrarse para contrarrestar la variabilidad predecible por medio del uso de los precios y las promociones. La administración de la oferta y la demanda permite a los gerentes maximizar la rentabilidad total de la cadena de suministro.

9.1 RESPUESTA A LA VARIABILIDAD PREDECIBLE EN LA CADENA DE SUMINISTRO

En el capítulo 8 explicamos la manera en que las compañías utilizan la planeación agregada para planear la oferta y maximizar las utilidades. Para los productos con demanda estable, idear un plan agregado es relativamente sencillo. En tales casos, la compañía establece arreglos para tener capacidad suficiente que iguale la demanda esperada y, luego, produce una cantidad que iguale esa demanda. Los productos se producen poco antes de ser vendidos. Por tanto, la cadena de suministro incluye poco inventario.

No obstante, la demanda de muchos productos se modifica de un periodo a otro, con frecuencia, debido a una influencia predecible, la cual incluye factores estacionales que afectan al producto (por ejemplo, las podadoras de pasto y las chaquetas para esquiar), así como factores no estacionales (por ejemplo, promociones o tarifas de adopción del producto) que pueden ocasionar alzas y bajas considerables y predecibles en las ventas.

La *variabilidad predecible* es un cambio en la demanda que puede pronosticarse. Los productos que experimentan este tipo de cambio en la demanda generan numerosos problemas en la cadena de suministro, que van desde altos niveles de desabasto durante los periodos de demanda pico hasta altos niveles de exceso de inventario durante los periodos de demanda baja. Tales problemas aumentan los costos y disminuyen la capacidad de respuesta de la cadena de

suministro. La administración de la oferta y la demanda tiene impacto significativo cuando se aplica a productos cuya variabilidad puede predecirse.

Ante la variabilidad predecible, la meta de la compañía es responder de modo tal que se maximicen las utilidades. La compañía debe elegir entre dos opciones generales para manejar la variabilidad predecible:

1. Administrar la oferta utilizando la capacidad, inventarios, subcontratación y backlog.
2. Administrar la demanda mediante la aplicación de descuentos a corto plazo en los precios y promociones.

El uso de estas herramientas permite a la cadena incrementar la rentabilidad, pues la oferta y la demanda se igualan de una forma más coordinada.

Para ilustrar algunos de los temas involucrados, consideremos al fabricante de equipo de jardinería del capítulo 8, Red Tomato Tools. La demanda de herramientas de jardinería es estacional y las ventas se concentran en la primavera. Red Tomato debe planear cómo satisfacer la demanda para maximizar las utilidades. Una estrategia requiere que Red Tomato cuente con suficiente capacidad de fabricación para satisfacer la demanda con su producción en cualquier periodo. La ventaja de este método es que Red Tomato incurre en costos de inventario muy bajos, ya que no se transfiere inventario de un periodo al otro. Sin embargo, la desventaja es que no se usa mucha de la capacidad costosa durante la mayoría de los meses, cuando la demanda es baja.

Otro método para satisfacer la demanda es acumular inventario fuera de la temporada para mantener la producción estable durante todo el año. La ventaja de este procedimiento estriba en el hecho de que Red Tomato puede sobrevivir con una fábrica de menor capacidad y menos onerosa. No obstante, los costos de mantener inventario encarecen esta alternativa. Un tercer método es trabajar con sus socios detallistas de la cadena para ofrecer una promoción de precios antes de los meses de primavera, durante los periodos de demanda baja. Esta promoción desplaza parte de la demanda de primavera a un periodo de demanda baja; por tanto, la distribuye en forma más uniforme a lo largo del año y reduce su aumento repentino. Tal patrón de la demanda resulta menos costoso de abastecer. Red Tomato debe decidir qué alternativa maximiza su rentabilidad.

A menudo, las compañías dividen la tarea de la administración de la oferta y la demanda en funciones diferentes. Por lo general, marketing administra la demanda; mientras que operaciones, la oferta. A un nivel superior, las cadenas de suministro sufren también por este fenómeno, ya que los detallistas y los fabricantes administran la demanda en forma independiente y los fabricantes administran la oferta por su cuenta. La carencia de coordinación vulnera las utilidades de la cadena de suministro cuando las decisiones sobre la administración de la oferta y la demanda se consideran por separado. Por tanto, los socios de la cadena deben trabajar juntos para coordinar estas decisiones y maximizar la rentabilidad. Ilustramos la trascendencia de esta coordinación por medio de un análisis más profundo de Red Tomato.

Primero, nos enfocamos en las acciones que puede tomar la cadena de suministro para mejorar la rentabilidad al administrar la oferta.

9.2 ADMINISTRACIÓN DE LA OFERTA

La compañía puede variar la oferta de un producto al controlar una combinación de los siguientes dos factores.

1. Capacidad de producción
2. Inventario

El objetivo es maximizar la utilidad, la cual, para nuestro análisis, es la diferencia entre los ingresos generados por las ventas y el costo total asociado con el material, capacidad e inventario. Por lo común, las compañías utilizan una combinación de diferentes capacidades e inventarios para administrar la oferta. A continuación, enumeramos algunos métodos específicos para administrar la capacidad y el inventario asociado con el objetivo de maximizar las utilidades.

ADMINISTRACIÓN DE LA CAPACIDAD

Con el objetivo de regular la capacidad para hacer frente a la variabilidad predecible, las compañías emplean una combinación de los siguientes métodos.

- ***Flexibilidad de tiempo de la fuerza de trabajo:*** Con este método, la compañía utiliza horarios de trabajo flexibles de los empleados para administrar la capacidad y satisfacer mejor la demanda. En muchos casos, las plantas no operan de modo continuo y permanecen inactivas durante parte del día o la semana. Así, la capacidad excedente de la planta existe en forma de horas cuando la planta no funciona. Por ejemplo, muchas plantas no cuentan con tres turnos, por lo que la fuerza de trabajo existente podría trabajar tiempo extra durante los periodos pico para producir más y satisfacer la demanda. Se varía el tiempo extra para igualar la fluctuación en la demanda. Este sistema permite que la producción de una planta se ajuste mejor a la demanda de los clientes. Si la demanda fluctúa por día de la semana o por semana del mes y la fuerza de trabajo está dispuesta a ser flexible, la compañía puede programar la fuerza de trabajo para que la capacidad disponible iguale mejor la demanda. En tales casos, el uso de una fuerza de trabajo de tiempo parcial puede incrementar aún más la flexibilidad de la planta al permitir a la compañía poner más gente a trabajar durante los periodos pico. Los centros de Telemarketing y los bancos emplean de manera generalizada trabajadores de tiempo parcial con el fin de ajustar mejor la oferta a la demanda.
- ***Uso de fuerza de trabajo temporal:*** Con este método, la compañía maneja una fuerza de trabajo durante la temporada pico para aumentar la capacidad e igualar la demanda. Con frecuencia, la industria del turismo recurre a trabajadores temporales. Existe una base de empleados de tiempo completo y sólo se contratan más para la temporada pico. Por lo regular, Toyota utiliza fuerza de trabajo temporal en Japón para nivelar mejor la oferta y la demanda. Sin embargo, este método es difícil de sostener si el mercado de trabajo es limitado.
- ***Uso de subcontratación:*** En esta estrategia, la compañía subcontrata la producción pico de modo que la producción interna permanece nivelada y se lleva a cabo de manera asequible. Con el subcontratista al control de los picos, la compañía es capaz de construir una instalación relativamente inflexible, pero de bajo costo, en la que las tasas de producción se mantienen relativamente constantes (aparte de las variaciones por el uso de tiempo extra). Los picos son subcontratados fuera, en instalaciones que son más flexibles. Un factor fundamental es la disponibilidad de la capacidad relativamente flexible del subcontratista. Éste a menudo puede proporcionar la flexibilidad a bajo costo al reunir las fluctuaciones de la demanda de diversos fabricantes. Por tanto, la capacidad flexible del subcontratista debe tener tanto volumen (fluctuación de la demanda de un fabricante) como flexibilidad variable (demanda de varios fabricantes) para que sea sostenible. Por ejemplo, la mayoría de las compañías de electricidad no tienen la capacidad de proveer a sus clientes con toda la electricidad demandada en los días pico. En vez de ello, se apoyan en comprarla a proveedores y subcontratistas que tienen exceso de ella. Esto permite a las compañías mantener un nivel de oferta y, en consecuencia, un menor costo.
- ***Uso de instalaciones duales, especializadas y flexibles:*** En este procedimiento, la compañía construye instalaciones especializadas y flexibles. Las primeras generan una producción relativamente estable en el tiempo, de una forma muy eficiente. Las segundas producen un volumen muy variable y una variedad de productos, pero a un costo por unidad más alto. Por ejemplo, un fabricante de componentes de computadoras personales puede tener instalaciones especializadas para cada tipo de tablero de circuitos y también una instalación flexible que pueda fabricar todos los tipos de tableros de circuitos. Cada instalación especializada puede producir a una tasa relativamente estable, con fluctuaciones que se absorben por la instalación flexible.
- ***Diseño de flexibilidad del producto dentro de los procesos de producción:*** Con esta técnica, la compañía tiene líneas de producción flexibles cuya tasa de producción puede variar con facilidad. La producción varía para igualar la demanda. Hino Trucks en Japón cuenta con diversas líneas de producción para diferentes familias de productos. Las líneas de producción se diseñan

de manera que al cambiar el número de trabajadores en una línea se modifica la tasa de producción. En tanto la variación de la demanda a lo largo de las distintas líneas de productos sea complementaria (por ejemplo, cuando una sube, las otras tienden a bajar), la capacidad de cada línea puede alterarse moviendo la fuerza de trabajo de una línea a la otra. Por supuesto que esto implica que la fuerza laboral tenga habilidades múltiples y se adapte con facilidad a ser movida de una línea a otra. La flexibilidad de la producción también se logra si la maquinaria es flexible y puede pasarse fácilmente de producir un solo producto a generar otro. Este método es efectivo sólo si la demanda total a lo largo de todos los productos es relativamente constante. Muchas compañías que producen productos con demanda estacional tratan de explotar este método al tener un portafolio de productos que tienen estaciones de demanda pico distribuidas durante el año. Un ejemplo común es el del fabricante de la podadora de pasto que, además, elabora sopladores de nieve con el propósito de conservar una demanda constante en su fábrica a lo largo del año. En el campo de los servicios, un ejemplo proviene de las compañías de consultoría estratégica, las cuales ofrecen un portafolio de productos balanceado, con estrategias de crecimiento cuando los tiempos son óptimos y proyectos de reducción de costo cuando son adversos.

ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO

Al administrar el inventario para hacer frente a la variabilidad predecible, las compañías utilizan una combinación de los siguientes métodos.

- ***Emplear componentes comunes en múltiples productos:*** En este método, la compañía diseña componentes comunes para que se utilicen en distintos productos. La demanda total de estos componentes casi es estable, aun cuando cada producto muestra una variabilidad predecible. Por ejemplo, el uso de un motor común tanto para podadoras de pasto como para las sopladoras de nieve permite que la demanda del motor sea relativamente estable, a pesar de que las demandas de ambas máquinas fluctúen durante el año. Así, la parte de la cadena de suministro que produce componentes puede sincronizar con facilidad la oferta con la demanda, provocando que el inventario acumulado de partes sea relativamente bajo. De igual forma, en una compañía de consultoría muchos de los consultores promueven estrategias de crecimiento cuando éstas están en demanda y de reducción de costo cuando no lo están.
- ***Acumulación de inventario de productos con demanda alta o predecible:*** Cuando la mayoría de los productos que la compañía produce tienen la misma estación de demanda pico, el método anterior no es útil. En tal ambiente, es mejor para la compañía fabricar productos que tengan una demanda más predecible durante la temporada baja, ya que al esperar, hay que aprender acerca de la poca demanda. La producción de artículos más inciertos debe tener lugar cerca de la temporada de venta, cuando la demanda es más predecible. Como ejemplo, consideremos al fabricante de chalecos de invierno que produce tanto chalecos para venta al detalle como para el departamento de policía y bomberos de Boston. La demanda de chalecos para los bomberos y policía de Boston es más predecible, y estos chalecos pueden fabricarse fuera de temporada y acumularlos en inventario hasta el invierno. Sin embargo, la demanda de chalecos para venta al detalle se conoce mejor al acercarse el momento de venderlos, ya que las tendencias en la moda cambian con rapidez. De ese modo, el fabricante deberá producir los chalecos para venta al detalle cerca de la temporada alta, cuando la demanda es más fácil de predecir. Esta estrategia ayuda a la cadena de suministro a sincronizar mejor la oferta y la demanda.

A continuación, consideraremos las medidas que pueden adoptarse en la cadena de suministro para mejorar la rentabilidad mediante la administración de la demanda.

9.3 ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA

Las cadenas de suministro influyen en la demanda al utilizar el precio y otras formas de promoción. Las decisiones de promoción las toman los detallistas sin considerar el efecto en el resto

de la cadena. En esta sección, nuestra meta es mostrar cómo los miembros de la cadena de suministro pueden colaborar en las decisiones sobre el establecimiento de precios y en la planeación agregada (tanto de la administración de la demanda como de la oferta) con la finalidad de maximizar la rentabilidad de la cadena de suministro.

Regresemos a Red Tomato Tools, el fabricante de equipo de jardinería. Green Thumb Gardens es una gran cadena de ventas al detalle que firmó un contrato de exclusividad para vender todos los productos fabricados por Red Tomato Tools. La demanda de las herramientas de jardinería tiene su pico en la primavera, en los meses de marzo y abril mientras los jardineros se preparan para empezar a plantar. Al planear, la meta de ambas compañías debe ser optimizar las utilidades de la cadena de suministro ya que este resultado les deja más ingresos. Para que la maximización de las utilidades se dé, Red Tomato y Green Thumb deben idear una manera de colaborar e, igual de importante, determinar una forma de dividir las utilidades de la cadena, pues hacerlo es clave para la colaboración exitosa.

Red Tomato y Green Thumb están explorando cómo afecta la rentabilidad el momento de las promociones al detalle. ¿Están en mejor posición si ofrecen la promoción en precio durante el periodo pico de la demanda o durante el periodo de demanda baja? El vicepresidente de ventas de Green Thumb favorece la promoción durante el periodo pico ya que incrementa por mucho los ingresos. En contraste, el vicepresidente de Red Tomato está en contra de tal movimiento porque aumenta los costos de fabricación y está en favor de una promoción durante la estación de demanda baja debido a que equilibra la demanda y disminuye los costos de producción.

Red Tomato y Green Thumb deben comenzar a considerar el pronóstico de la demanda de la tabla 9-1 y el plan agregado óptimo resultante (esto es lo mismo que se analizó en el capítulo 8).

Cada herramienta tiene un precio al detalle de 40 dólares. Red Tomato envía las herramientas ensambladas a Green Thumb, donde se mantiene todo el inventario. Green Thumb cuenta con un inventario inicial en enero de 1,000 herramientas. Al inicio de este mes, Red Tomato posee una fuerza de trabajo de 80 empleados en su fábrica ubicada en México. Hay en total 20 días laborables en cada mes y sus trabajadores ganan el equivalente a 4 dólares por hora. Cada empleado trabaja ocho horas de tiempo regular y el resto de tiempo extra. Debido a que la operación de Red Tomato consiste, sobre todo, en ensamblaje a mano, la capacidad de la operación de producción está determinada principalmente por las horas totales de trabajo laboradas (es decir, no está limitada por la capacidad de máquina). Ningún empleado trabaja más de 10 horas de tiempo extra por mes. Los diversos costos se muestran en la tabla 9-2.

No existen límites en la subcontratación, inventarios y desabasto. Todo el desabasto se pone en backlog y los pedidos se surten con la producción del mes siguiente. Los costos de inventario se aplican sobre el inventario final de cada mes. La meta de la compañía es lograr un plan agregado que deje cuando menos 500 unidades de inventario al final de junio (esto es, sin desabasto al final de junio y, cuando menos, 500 unidades en inventario).

El plan agregado óptimo para Red Tomato y Green Thumb se presenta en la tabla 9-3.

TABLA 9-1 Demanda de Red Tomato Tools

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Enero	1,600
Febrero	3,000
Marzo	3,200
Abril	3,800
Mayo	2,200
Junio	2,200

TABLA 9-2 Costos para Red Tomato y Green Thumb

Concepto	*Costo*
Costo de material	$10/unidad
Costo de mantenimiento de inventario	$2/unidad/mes
Costo marginal de desabasto	$5/unidad/mes
Costos de contratación y capacitación	$300/trabajador
Costo de despidos	$500/trabajador
Horas de mano de obra requeridas	4/unidad
Costo de tiempo regular	$4/hora
Costo de tiempo extra	$6/hora
Costo de subcontratar	$30/unidad

Para este plan agregado, la cadena de suministro obtiene los siguientes costos e ingresos:

Costo total durante el horizonte de planeación = 422,275 dólares

Dado el precio de venta de 40 dólares/unidad y las ventas totales de 16,000 unidades, el ingreso durante el horizonte de planeación está dado por

Ingreso durante el horizonte de planeación = 40 × 16,000 = 640,000 dólares
Utilidad durante el horizonte de planeación = 217,725 dólares

El inventario estacional promedio durante el horizonte de planeación está dado por

$$\text{Inventario estacional promedio} = \frac{[(I_0 + I_6)/2] + \sum_{t=1}^{5} I_t}{T} = \frac{5{,}367}{6} = 895$$

El tiempo de flujo promedio para este plan agregado durante el horizonte de planeación es

$$\text{Tiempo de flujo promedio} \frac{\text{inventario promedio}}{\text{ventas promedio}} = \frac{895}{2{,}667} = 0.34 \text{ meses}$$

Estos resultados corresponden a la situación en la cual no hay promoción. Ahora, las compañías quieren explorar si y cuándo ofrecer una promoción. Cuatro factores clave influyen en el lanzamiento de una promoción:

- Impacto de la promoción en la demanda
- Márgenes de producto

TABLA 9-3 Plan agregado para Red Tomato y Green Thumb

Periodo, t	*Núm. de contratados, H_t*	*Núm. de despedidos, L_t*	*Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t*	*Tiempo extra, O_t*	*Inventario, I_t*	*Desabasto, S_t*	*Sub-contratación, C_t*	*Producción total, P_t*
0	0	0	80	0	1,000	0	0	
1	0	15	65	0	1,983	0	0	2,583
2	0	0	65	0	1,567	0	0	2,583
3	0	0	65	0	950	0	0	2,583
4	0	0	65	0	0	267	0	2,583
5	0	0	65	0	117	0	0	2,583
6	0	0	65	0	500	0	0	2,583

- Costo de mantenimiento de inventario
- Costo de cambiar el nivel de la capacidad

La administración de ambas compañías desea identificar si cada uno de los factores favorece el lanzamiento de una promoción durante los periodos de demanda alta o baja. Parten de considerar el impacto de la promoción sobre la demanda. Cuando una promoción se ofrece durante un periodo, la demanda de éste tiende a subir. Esto incrementa los resultados en la demanda a partir de una combinación de los siguientes factores:

1. ***Crecimiento del mercado:*** Un aumento en el consumo del producto ya sea por clientes nuevos o existentes. Por ejemplo, cuando Toyota ofrece un precio de promoción sobre el Camry, puede atraer compradores que estaban evaluando la compra de un modelo más económico. Por tanto, la promoción incrementa el tamaño de todo el segmento de la familia sedán y, también, las ventas de Toyota.
2. ***Participación de mercado:*** Los clientes sustituyen el producto de un competidor por el de la compañía. Cuando Toyota ofrece una promoción sobre el Camry, los compradores que pensaban comprar un Accord de Honda pueden ahora adquirir un Camry. Por tanto, la promoción aumenta las ventas de Toyota al tiempo que mantiene igual el tamaño de todo el mercado de la familia sedán.
3. ***Compra adelantada:*** Los clientes anticipan compras futuras (como se analiza en el capítulo 10). Una promoción puede atraer consumidores que pudieran haber comprado un Camry unos meses más adelante. La promoción no amplía el tamaño de las ventas de Toyota en el largo plazo y deja igual el de todo el mercado de la familia sedán.

Los dos primeros factores aumentan la demanda total por Toyota, mientras que el tercero sólo trae la demanda futura al presente. Es importante entender el impacto relativo desde los tres factores como resultado de una promoción antes de tomar una decisión respecto al momento adecuado de la promoción. En general, conforme la fracción de la demanda incrementada proveniente de la compra adelantada crece, ofrecer la promoción durante el periodo de la demanda pico resulta menos atractivo. Respaldar una promoción durante un periodo pico que tiene una compra adelantada significativa crear una demanda más variable que antes de la promoción. El producto que una vez fue demandado en el periodo lento ahora es demandado en el periodo pico, lo que ocasiona que este patrón de la demanda sea más costoso de satisfacer.

Green Thumb estima que rebajar una herramienta de Red Tomato de 40 dólares a 39 dólares (1 dólar de rebaja) da como resultado un incremento de 10% en la demanda del periodo debido al consumo incrementado o a la sustitución. En forma adicional, 20% de la demanda de los dos meses siguientes se moverá hacia adelante. A la administración le gustaría determinar si es más efectivo ofrecer un descuento en enero o abril.

El equipo considera en primer término el impacto de establecer el descuento en enero. Si el descuento se ofrece en ese mes, el pronóstico de la demanda sería como se ilustra en la tabla 9-4.

TABLA 9-4 Demanda cuando el precio se rebaja en enero a 39 dólares

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Enero	3,000
Febrero	2,400
Marzo	2,560
Abril	3,800
Mayo	2,200
Junio	2,200

TABLA 9-5 Plan agregado óptimo para la demanda de la tabla 9-4

Periodo, t	Núm. de contratados, H_t	Núm. de despedidos, L_t	Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t	Tiempo extra, O_t	Inventario, I_t	Desabasto, S_t	Sub-contratación, C_t	Producción total, P_t
0	0	0	80	0	1,000	0	0	
1	0	15	65	0	610	0	0	2,610
2	0	0	65	0	820	0	0	2,610
3	0	0	65	0	870	0	0	2,610
4	0	0	65	0	0	320	0	2,610
5	0	0	65	0	90	0	0	2,610
6	0	0	65	0	500	0	0	2,610

TABLA 9-6 Perfil de la demanda cuando el precio se rebaja en abril a 39 dólares

Mes	Pronóstico de la demanda
Enero	1,600
Febrero	3,000
Marzo	3,200
Abril	5,060
Mayo	1,760
Junio	1,760

El plan agregado óptimo se muestra en la tabla 9-5. Con un descuento en enero la cadena de suministro obtiene:

Costo total durante el horizonte de planeación = \$421,915
Ingreso durante el horizonte de planeación = \$643,400
Utilidad durante el horizonte de planeación = \$221,485

A continuación, evaluarán el impacto de brindar el descuento en abril. Si Green Thumb ofrece el descuento en abril, el pronóstico de la demanda es como se presenta en la tabla 9-6. El plan agregado óptimo se expone en la tabla 9-7. Con un descuento en abril tenemos:

Costo total durante el horizonte de planeación = \$438,857
Ingreso durante el horizonte de planeación = \$650,140
Utilidad durante el horizonte de planeación = \$211,283

TABLA 9-7 Plan agregado óptimo para la demanda de la tabla 9-6

Periodo, t	Núm. de contratados, H_t	Núm. de despedidos, L_t	Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t	Tiempo extra, O_t	Inventario, I_t	Desabasto, S_t	Sub-contratación, C_t	Producción total, P_t
0	0	0	80		1,000	0	0	
1	0	14	66	0	2,047	0	0	2,647
2	0	0	66	0	1,693	0	0	2,647
3	0	0	66	0	1,140	0	0	2,647
4	0	0	66	0	0	1,273	0	2,647
5	0	0	66	0	0	387	0	2,647
6	0	0	66	0	500	0	0	2,647

TABLA 9-8 Perfil de la demanda cuando el precio se rebaja en enero a 39 dólares, con un gran aumento en la demanda

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Enero	4,440
Febrero	2,400
Marzo	2,560
Abril	3,800
Mayo	2,200
Junio	2,200

Observe que la fluctuación en la demanda se ha incrementado en relación al perfil de la tabla 9-1 ya que el descuento se ofreció en el mes de demanda alta. El plan agregado óptimo para este patrón de la demanda se muestra en la tabla 9-7.

Note que una promoción en el precio en enero da como resultado una utilidad más alta en la cadena de suministro, mientras que una promoción en abril resulta en una utilidad más baja en la cadena, si se compara con no realizar promoción alguna. En consecuencia, Red Tomato y Green Thumb deciden ofrecer el descuento en el mes de enero durante la temporada baja. Aun cuando los ingresos son más altos cuando se otorga el descuento en abril, el aumento en los costos operativos la convierte en la opción menos rentable. Una promoción en enero permite a Red Tomato y a Green Thumb incrementar la ganancia que pueden compartir.

Advierta que este análisis es posible porque colaboraron el detallista y el fabricante durante la fase de planeación. Esta conclusión apoya nuestra afirmación previa de que no es apropiado para la cadena de suministro dejar las decisiones de precio únicamente en el dominio de los detallistas y la planeación agregada sólo en el dominio de los fabricantes, con cada uno haciendo sus propios pronósticos. Es esencial que los pronósticos, el precio y la planeación agregada estén coordinados en la cadena de suministro.

La importancia de la colaboración se recalca todavía más por el hecho de que la acción óptima es diferente si la mayor parte del incremento de la demanda proviene del crecimiento del mercado o de tomar más participación de mercado en lugar de la compra adelantada. Reconsidere la situación en la cual descontar una unidad de 40 dólares a 39 dólares resulta en que la demanda del periodo aumenta en 100% debido a un incremento en el consumo o a la sustitución. Aún se moverá hacia adelante. El equipo de la cadena de suministro quiere determinar si es preferible ofrecer el descuento en enero o en abril.

Brindar el descuento en enero resulta en el pronóstico de la demanda que se muestra en la tabla 9-8.

El plan agregado óptimo en este caso se ilustra en la tabla 9-9.

TABLA 9-9 Plan agregado óptimo para la demanda de la tabla 9-8

Periodo, t	*Núm. de contratados, H_t*	*Núm. de despedidos, L_t*	*Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t*	*Tiempo extra, O_t*	*Inventario, I_t*	*Desabasto, S_t*	*Subcontratación, C_t*	*Producción total, P_t*
0	0	0	80		1,000	0	0	
1	0	0	80	0	0	240	0	3,200
2	0	11	69	0	140	0	0	2,780
3	0	0	69	0	360	0	0	2,780
4	0	0	69	0	0	660	0	2,780
5	0	0	69	0	0	80	0	2,780
6	0	0	69	0	500	0	0	2,780

TABLA 9-10 Perfil de la demanda cuando el precio se rebaja en abril a 39 dólares con un gran aumento en la demanda

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Enero	1,600
Febrero	3,000
Marzo	3,200
Abril	8,480
Mayo	1,760
Junio	1,760

Con un descuento en enero el equipo obtiene:

Costo total durante el horizonte de planeación = $456,750
Ingreso durante el horizonte de planeación = $699,560
Utilidad durante el horizonte de planeación = $242,810

Si el descuento es ofrecido en abril, el pronóstico de la demanda es el que se presenta en la tabla 9-10.

El plan agregado óptimo para este caso se muestra en la tabla 9-11.

Con un descuento en abril el equipo consigue:

Costo total durante el horizonte de planeación = $536,200
Ingreso durante el horizonte de planeación = $783,520
Utilidad durante el horizonte de planeación = $247,320

Cuando la compra adelantada constituye una pequeña parte del aumento de la demanda a partir del descuento, la cadena obtiene mejores resultados si otorga el descuento en abril, el mes de la demanda pico.

Como se discutió con anterioridad, el plan agregado óptimo y la rentabilidad pueden también determinarse para el caso en el cual el precio unitario es de 31 dólares y el precio de descuento de 30 dólares. Los resultados de varios casos se resumen en la tabla 9-12.

A partir de los resultados de dicha tabla, podemos inferir las siguientes conclusiones respecto al impacto de las promociones.

1. Como se observa en la tabla 9-12, el inventario promedio aumenta si se lleva a cabo una promoción durante el periodo pico, y disminuye, si la promoción se efectúa durante el periodo no pico.

2. Promover durante el mes de la demanda pico puede disminuir la rentabilidad total si una fracción considerable de la demanda aumenta como resultado de una compra adelantada. En la

TABLA 9-11 Plan agregado óptimo para la demanda de la tabla 9-10

Periodo, t	*Núm. de contratados, H_t*	*Núm. de despedidos, L_t*	*Tamaño de la fuerza de trabajo, W_t*	*Tiempo extra, O_t*	*Inventario, I_t*	*Desabasto, S_t*	*Sub-contratación, C_t*	*Producción total, P_t*
0	0	0	80		1,000	0	0	
1	0	0	80	0	2,600	0	0	3,200
2	0	0	80	0	2,800	0	0	3,200
3	0	0	80	0	2,800	0	0	3,200
4	0	0	80	0	0	2,380	100	3,200
5	0	0	80	0	0	940	0	3,200
6	0	0	80	0	500	0	0	3,200

TABLE 9-12 Desempeño de la cadena de suministro en diferentes escenarios

Precio regular	*Precio de promoción*	*Periodo de promoción*	*Porcentaje de incremento en la demanda*	*Porcentaje de compra adelantada*	*Utilidad*	*Inventario promedio*
$40	$40	NA	NA	NA	$217,725	895
$40	$39	Enero	10%	20%	$221,485	523
$40	$39	Abril	10%	20%	$211,283	938
$40	$39	Enero	100%	20%	$242,810	208
$40	$39	Abril	100%	20%	$247,320	1,492
$31	$31	NA	NA	NA	$73,725	895
$31	$30	Enero	100%	20%	$84,410	208
$31	$30	Abril	100%	20%	$69,120	1,492

tabla 9-12, observe que realizar una promoción en abril disminuye la rentabilidad cuando la compra adelantada es de 20%, la demanda se expande a partir del incremento del consumo y la sustitución es de 10%.

3. A medida que la compra adelantada constituye una fracción cada vez más pequeña del aumento en la demanda debido a una promoción, es más rentable promover durante el periodo pico. En la tabla 9-12, para un precio de venta de 40 dólares, es óptimo promover en el mes no pico de enero, cuando la compra adelantada es de 20% y el incremento en el consumo es de 10%. Sin embargo, cuando la compra adelantada es de 20% y el incremento en el consumo es de 100%, es conveniente promover en el mes pico de abril.

4. Conforme declina el margen del producto, la promoción durante el periodo de la demanda pico se vuelve menos rentable. En la tabla 9-12, note que para un precio unitario de 40 dólares resulta positivo promover en el mes pico de abril cuando la compra adelantada es de 20% y el aumento del consumo es de 100%. En contraste, si el precio unitario es de 31 dólares, es recomendable promover en el mes no pico de enero.

Asimismo, otros factores como el costo de mantenimiento y el costo de cambiar la capacidad afectan el momento ideal de la promoción. Otros factores y sus impactos se resumen en la tabla 9-13.

Un aspecto clave de los ejemplos de la cadena de Red Tomato que hemos considerado en este capítulo es que cuando la compañía se enfrenta a una demanda estacional, debe emplear una combinación de precios (para administrar la demanda) y de producción e inventarios (para administrar la oferta) con el fin de mejorar la rentabilidad. El uso preciso de cada elemento varía con la situación. Esto vuelve fundamental que las compañías que están en una cadena coordinen tanto sus esfuerzos de pronóstico como los de planeación. Sólo así se maximizan las utilidades.

TABLA 9-13 Resumen del impacto en el momento de la promoción

Factor	*Impacto en el momento de la promoción*
Alta compra adelantada	Favorece la promoción durante los periodos de demanda baja
Alta habilidad para tomar participación de mercado	Favorece la promoción durante los periodos de demanda pico
Alta habilidad para incrementar el mercado total	Favorece la promoción durante los periodos de demanda pico
Alto margen	Favorece la promoción durante los periodos de demanda pico
Bajo margen	Favorece la promoción durante los periodos de demanda baja
Altos costos de mantenimiento	Favorece la promoción durante los periodos de demanda baja
Altos costos de cambiar capacidad	Favorece la promoción durante los periodos de demanda baja

9.4 IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA VARIABILIDAD PREDECIBLE EN LA PRÁCTICA

1. *Coordinar la planeación dentro de las compañías que forman la cadena de suministro*. Para que la cadena de suministro administre de manera exitosa la variabilidad predecible, toda la cadena debe trabajar para alcanzar la meta de maximizar la rentabilidad. Cada miembro de ella pudiera estar de acuerdo con esto; no obstante, es muy difícil que así sea. Incluso, las compañías han tenido problemas en lograr que las funciones dentro de las mismas planeen de manera colaborativa. Los incentivos desempeñan un papel trascendente en ello. Dentro de la cadena de suministro, las diferentes compañías son evaluadas por su propia rentabilidad, no necesariamente por la rentabilidad de toda la cadena. A partir de los ejemplos considerados con anterioridad, es claro que sin un enfoque en conseguir que las compañías trabajen juntas, la cadena producirá utilidades subóptimas. La colaboración debe ocurrir a través de la formación de equipos conjuntos. Los incentivos de los miembros de la cadena deben estar alineados. Es necesario un apoyo de alto nivel dentro de la organización ya que con frecuencia la coordinación requiere que los grupos actúen en contra de sus procedimientos tradicionales de operación. Aunque esta colaboración es difícil, las recompensas son significativas.

2. *Considerar la variabilidad predecible al tomar decisiones estratégicas*. La variabilidad predecible tiene un gran impacto en las operaciones de la compañía, por lo que ésta debe considerarla al tomar las decisiones estratégicas. Sin embargo, la variabilidad predecible no siempre se toma en cuenta cuando se trazan los planes estratégicos, como el tipo de productos que se ofrecerán, si se debe construir o no nuevas instalaciones y la clase de estructura de precios con la que se debe contar. Como se indicó en este capítulo, el nivel de rentabilidad se ve afectado por la variabilidad predecible y, por tanto, el éxito o el fracaso de las decisiones estratégicas estará determinado por ella.

3. *Prevenir, no sólo reaccionar a la variabilidad predecible.* A menudo, las compañías tienen la tendencia a enfocarse en cómo reaccionar de modo efectivo a la variabilidad predecible. Esta responsabilidad recae casi siempre en operaciones, que trata de administrar la oferta para manejar mejor la variabilidad. Como se explicó anteriormente en este capítulo, la administración de la oferta y la demanda ofrece la mejor respuesta a la variabilidad predecible. Acciones como la fijación de precios y las promociones, que administran la demanda, son preventivas por lo común y entran en el dominio de marketing. Es indispensable tanto para marketing como para operaciones coordinar sus esfuerzos y planear en forma conjunta la variabilidad predecible mucho antes de que se observe la demanda pico. Tal coordinación permite a la compañía prevenir la variabilidad predecible y dar una respuesta que maximice las ganancias.

9.5 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Administrar la oferta para mejorar la sincronización de la cadena de suministro ante la variabilidad predecible.

   Para administrar la oferta con el objetivo de maximizar las utilidades, las compañías deben administrar su capacidad a través del uso de la flexibilidad de la fuerza de trabajo, la subcontratación, las instalaciones duales y la flexibilidad del producto. Además, deben regular la oferta a través del uso del inventario al destacar las partes comunes y construir y mantener productos con una demanda predecible con anticipación. Estas metodologías, en combinación con la planeación agregada, permiten a las empresas equilibrar de manera efectiva la oferta.

2. Administrar la demanda para mejorar la sincronización de la cadena de suministro ante la variabilidad predecible.

   Para administrar la demanda con el objetivo de maximizar las utilidades, las compañías deben considerar las decisiones de fijación de precios y promoción. El momento de las promociones puede tener un gran impacto en la demanda. Por tanto, utilizar el precio para moldear la demanda puede favorecer la sincronización de la cadena de suministro.
3. Emplear la planeación agregada para maximizar la rentabilidad ante la variabilidad predecible en la cadena de suministro.

   Para manejar la variabilidad predecible y maximizar las utilidades, la cadena debe coordinar la administración tanto de la oferta como de la demanda. Ello implica una planeación coordinada a lo largo de todas las etapas de la cadena de suministro con la finalidad de seleccionar los planes agregados que maximicen las utilidades de la cadena.

Preguntas de discusión

1. ¿Cuáles son algunos obstáculos para crear una fuerza de trabajo flexible? ¿Cuáles son los beneficios?
2. Analice por qué los subcontratistas con frecuencia ofrecen los productos y servicios a una compañía de manera más económica que si la compañía los hubiera producido por su cuenta.
3. ¿En qué industrias podría ver instalaciones duales (algunas enfocándose sólo en un tipo de producto y otras, siendo capaces de producir una amplia variedad)? ¿En qué industrias sería esto relativamente raro? ¿Por qué?
4. Estudie cómo podría construir un mecanismo de colaboración para las compañías dentro de una cadena de suministro.
5. ¿Cuáles son algunas líneas de productos que emplean partes comunes en muchos productos? ¿Cuáles son las ventajas de hacer esto?
6. Examine cómo la compañía puede lograr que marketing y operaciones trabajen en forma conjunta con la meta común de coordinar la oferta y la demanda para maximizar la rentabilidad.
7. ¿Cómo puede utilizar los precios la compañía para cambiar los patrones de demanda?
8. ¿Por qué querría la compañía ofrecer promociones en precio en los periodos de la demanda pico?
9. ¿Por qué querría la compañía presentar promociones en precio durante los periodos de demanda baja?

Ejercicios

1. Lavare, ubicada en los suburbios de Chicago, es un importante fabricante de fregaderos de acero inoxidable. En este momento se encuentra en la mitad del ejercicio de planeación de la demanda y la oferta para el año siguiente. La demanda mensual prevista de los distribuidores durante 12 meses se muestra en la tabla 9-14.

   La capacidad está determinada por el número de operadores de máquina que contrata. La empresa trabaja 20 días al mes, con un turno regular de operación de ocho horas por día. Cualquier tiempo más allá de esto se considera tiempo extra. El salario por tiempo regular es de 15 dólares por empleado y el tiempo extra es de 22 dólares por hora. El tiempo extra está limitado a 20 horas por mes por empleado. En la actualidad, la planta tiene 250 empleados. Cada fregadero requiere de dos horas de trabajo y cuesta 3 dólares tenerlo en inventario. El costo de material por fregadero es de 40 dólares Los fregaderos se venden a los distribuidores a un precio de 125 dólares cada uno. Suponemos que no se permite desabasto.

TABLA 9-14 Demanda mensual prevista en Lavare

Mes	*Demanda*	*Mes*	*Demanda*
Enero	10,000	Julio	30,000
Febrero	11,000	Agosto	29,000
Marzo	15,000	Septiembre	21,000
Abril	18,000	Octubre	18,000
Mayo	25,000	Noviembre	14,000
Junio	26,000	Diciembre	11,000

La investigación de mercado ha indicado que una promoción de reducción de precios de 1% en un mes dado incrementará las ventas en ese mes en 20% y adelantará la demanda 10% de cada uno de los siguientes dos meses. Por tanto, una caída de 1% en el precio en marzo aumenta las ventas en marzo en 3,000 (= 0.2 × 15,000) y transfiere 1,800 (= 0.1 × 18,000) unidades de la demanda de abril y 2,500 (= 0.1 × 25,000) unidades de mayo a marzo.

(a) ¿Cuál es el plan de producción óptima para el año si suponemos que no hay promociones? ¿Qué utilidades anuales genera este plan? ¿Cuál es el costo de este plan?
(b) ¿Es mejor promover en abril o en julio? ¿Cuánto incremento en las utilidades se puede conseguir como resultado?
(c) Si los fregaderos se venden en 250 dólares en lugar de 125 dólares, ¿cambia la decisión sobre el momento de la promoción? ¿Por qué?

2. Considere la información para Lavare del ejercicio 1. Ahora, suponemos que Lavare puede cambiar el tamaño de la fuerza de trabajo al despedir o contratar empleados. Contratar un nuevo trabajador cuesta 1,000 dólares, mientras que despedirlo cuesta 2,000 dólares.
   (a) ¿Cuál es el plan de producción óptimo para el año si suponemos que no hay promociones? ¿Qué utilidades anuales genera este plan? ¿Cuál es el costo de este plan?
   (b) ¿Es mejor promover en abril o en julio? ¿Qué tanto incremento en las utilidades se puede lograr como resultado?
   (c) Si el costo de mantener los fregaderos aumenta de 3 dólares por mes a 5 dólares por mes, ¿cambiará la decisión sobre el momento de la promoción? ¿Por qué?
3. Retome la información de Lavare del ejercicio 1. Ahora, suponga que un tercer grupo ha ofrecido producir los fregaderos a 74 dólares por unidad. ¿Cómo afecta este cambio al plan de producción óptima sin promoción? ¿Cómo influye este cambio en el momento óptimo de la promoción? Explique tales cambios.
4. Jumbo fabrica bicicletas para todas las edades. El pronóstico de la demanda para el siguiente año se presenta en la tabla 9-15.

   La capacidad de Jumbo se halla limitada por el número de empleados que contrata. Éstos reciben un salario de 10 dólares por hora por tiempo regular y 15 dólares por hora por tiempo extra. Cada bicicleta requiere de dos horas de trabajo de un empleado. La planta trabaja 20 días por mes y ocho horas por día de tiempo regular. El tiempo extra está restringido a un máximo de 20 horas por empleado por mes. En la actualidad, Jumbo cuenta con 250 empleados y prefiere no modificar ese número.

   Cada bicicleta utiliza 35 dólares de material. Tener una bicicleta en inventario de un mes al siguiente cuesta 4 dólares. Jumbo inicia con 4,000 bicicletas en inventario y pretende terminar el año con 4,000 bicicletas en inventario. Las bicicletas hoy se venden a 80 dólares cada una. El mercado está repartido entre Jumbo y su competidor, Shrimpy.

   Jumbo se encuentra en el proceso de tomar sus decisiones de planeación y promoción. Jumbo desea considerar sólo los planes sin desabasto alguno. Una opción es bajar el precio de venta en 3 dólares de 80 dólares a 77 dólares para un mes en el año. El resultado de esta acción de Jumbo está influida por la acción tomada por Shrimpy. Si ninguna de las compañías promueve, el pronóstico de la demanda para Jumbo se ilustra en la tabla 9-15. Si Jumbo promueve en algún mes, pero Shrimpy no, Jumbo ve el consumo incrementarse (éste no incluye la compra adelantada) en ese mes en 40% y la

TABLA 9-15 Demanda mensual prevista en Jumbo

Mes	*Demanda*	*Mes*	*Demanda*
Enero	12,000	Julio	24,000
Febrero	11,000	Agosto	20,000
Marzo	14,000	Septiembre	15,000
Abril	20,000	Octubre	10,000
Mayo	25,000	Noviembre	11,000
Junio	27,000	Diciembre	10,000

compra adelantada en 10% para cada uno de los siguientes dos meses. Si Shrimpy promueve en un mes dado, pero Jumbo, no, Jumbo ve caer el consumo en 40% sin cambio en los meses siguientes. Si ambos promueven en un mes dado, ninguno ve un incremento en el consumo, pero ambos ven una compra adelantada de 15% para cada uno de los siguientes dos meses. El debate dentro de Jumbo consiste en decidir si promueve y, de ser así, si hacerlo en abril o junio. Para las siguientes preguntas, suponga que Shrimpy y Jumbo poseen una demanda similar.

(a) ¿Cuál es el mejor plan de producción para Jumbo si se estima que no hay promoción por parte de Jumbo o Shrimpy? ¿Cuáles son las ganancias para Jumbo?
(b) ¿Cuáles son las ganancias para Jumbo si Shrimpy promueve en abril, pero Jumbo no lo hace a lo largo del año (siguen precios bajos todos los días)? ¿Cuáles son las ganancias para Jumbo si promueve en abril, pero Shrimpy no lo hace a lo largo del año? Comente sobre la ventaja de promover en comparación con la pérdida de no hacerlo si el competidor promueve.
(c) ¿Cuál es el plan de producción óptima si ambos promueven en abril? ¿Si ambos promueven en junio? ¿Si Jumbo promueve en abril, pero Shrimpy en junio? ¿Si Jumbo promueve en junio, pero Shrimpy en abril?
(d) ¿Cuál es la mejor decisión para Jumbo si puede coordinar sus decisiones con Shrimpy?
(e) ¿Cuál es la mejor decisión para Jumbo si quiere maximizar sus utilidades mínimas, sin importar lo que haga Shrimpy?

5. Ahora, reconsideremos el tema de los competidores y las promociones en el contexto de una mercancía como detergente, para el cual la demanda es relativamente estable durante el año. Q&H es el mayor fabricante de detergente con un pronóstico de la demanda para el siguiente año que se muestra en la tabla 9-16 (en toneladas).

La capacidad de Q&H está determinada por el número de horas en operación de la línea, la cual requiere un equipo de 100 empleados. Éstos reciben un salario de 10 dólares por hora en tiempo regular y de 15 dólares por hora en tiempo extra. Cada tonelada de detergente necesita de una hora de operación de la línea. La planta trabaja 20 días al mes, dos turnos al día, 8 horas por turno en tiempo regular. El tiempo extra está restringido a un máximo de 20 horas por empleado por mes.

Cada tonelada de detergente usa 1,000 dólares de material. Mantener una tonelada de detergente en inventario de un mes al otro tiene un costo de 100 dólares. Q&H inicia con un inventario de 150 toneladas y desea concluir con el mismo nivel. Durante los meses intermedios, Q&H quiere, cuando menos, 100 toneladas de inventario. En la actualidad, el detergente se vende a los detallistas a 2,600 dólares por tonelada. El mercado del detergente se comparte entre Q&H y su competidor, Unilock.

Q&H se encuentra en el proceso de tomar sus decisiones sobre planeación de la producción y promoción y desea considerar sólo los planes sin desabasto. Una opción es disminuir el precio de venta en 260 dólares por tonelada (de 2,600 dólares a 2,340 dólares) para un mes en el año. El resultado de esta acción de Q&H está influida por la acción que ha tomado Unilock. Si ninguna de las compañías promueve, la demanda pronosticada para Q&H es la que se presenta en la tabla 9-15. Si Q&H promueve en un mes dado, pero Unilock no, Q&H ve el consumo (no incluye la compra adelantada) en ese mes incrementarse 50% y la compra adelantada 20% para cada uno de los siguientes dos meses. Si Unilock promueve en un mes dado y Q&H no, este último ve caer el consumo en ese mes en 50%. Si ambos promueven en un mes dado, ninguno ve un incremento en el consumo y ambos ven una

TABLA 9-16 Demanda mensual prevista en Q&H

Mes	*Demanda*	*Mes*	*Demanda*
Enero	280	Julio	291
Febrero	301	Agosto	277
Marzo	277	Septiembre	304
Abril	302	Octubre	291
Mayo	285	Noviembre	302
Junio	278	Diciembre	297

compra adelantada de 25% para cada uno de los dos meses siguientes. La inquietud dentro de Q&H es si promover y, de hacerlo, si en abril o junio. Para las siguientes preguntas, suponga que la demanda para Unilock es como la de Q&H.

(a) ¿Cuál es el plan de producción óptima para Q&H, suponiendo que no hay promoción ni por parte de Q&H como de Unilock? ¿A cuánto ascienden las utilidades de Q&H?

(b) ¿Cuáles son las utilidades para Q&H si Unilock promueve en abril y Q&H no lo hace en todo el año (manejan precios bajos todos los días)? ¿Cuáles son las utilidades para Q&H si promueve en abril, pero Unilock no lo hace en todo el año? Comente acerca de la ventaja de promover en comparación con la pérdida de no hacerlo si el competidor promueve.

(c) ¿Cuál es el plan óptimo de producción y las utilidades si ambas compañíás promueven en abril? ¿Si ambas promueven en junio? ¿Si Q&H promueve en abril y Unilock en junio? ¿Si Q&H promueve en junio y Unilock en abril?

(d) ¿Cuál es la mejor decisión para Q&H si puede coordinar su decisión con Unilock?

(e) ¿Cuál es la mejor decisión para Q&H si quiere maximizar sus utilidades mínimas sin importar lo que haga Unilock?

6. Retome la información del ejercicio 5. Suponga que Q&H tiene un tercer grupo dispuesto a fabricar el detergente tanto como sea necesario a 2,300 dólares por tonelada. Repita el análisis para todas las preguntas del inciso (a) al (e).

Bibliografía

Geary, Steve, Paul Childerhouse y Denis Towill, "Uncertainty and the Seamless Supply Chain", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2002, pp. 52-61.

Martin, André J., "Capacity Planning: The Antidote to Supply Chain Constraints", *Supply Chain Management Review,* noviembre-diciembre de 2001, pp. 62-67.

Sodhi, Mohan, "Getting the Most from Planning Technologies", *Supply Chain Management Review, Special Global Supplement,* invierno de 2000, pp. 19-23.

ESTUDIO DE CASO



MINTENDO GAME GIRL

A finales de junio, Sandra, jefa de operaciones de Mintendo, y Bill, jefe de ventas de We "R" Toys, están a punto de reunirse para analizar los planes de producción y marketing para los siguientes seis meses. Mintendo es el fabricante del popular juego electrónico Game Girl que se vende exclusivamente a través de las tiendas detallistas We "R" Toys. La segunda mitad del año es crítica para el éxito de Game Girl ya que la mayoría de sus ventas ocurren durante el periodo de compras de vacaciones.

Sandra está preocupada por el impacto que el alza en la demanda de la próxima temporada decembrina tendrá en su línea de producción. Los costos de subcontratar el subensamblaje del Game Girl se espera que se incrementen, y ella ha estado tratando de mantener los costos bajos dado que su gratificación depende del nivel de los costos de producción.

Bill está preocupado porque las tiendas de juguetes competidoras logren una mayor participación durante la temporada de compras de Navidad. Él ha visto a muchas compañías perder su participación al no poder conservar los precios en línea con el desempeño de sus productos. A él le gustaría maximizar la participación de mercado de Game Girl.

Tanto el equipo de Sandra como el de Bill producen un pronóstico conjunto de la demanda durante los siguientes seis meses tal y como se muestra en la tabla 9-17.

We "R" Toys vende los juegos Game Girl a 50 dólares la pieza. Al final del mes de junio, la compañía tiene un inventario de 50,000 juegos. La capacidad de la instalación de producción está determinada por el número de trabajadores que ensamblan el juego. A finales del mes de junio, la compañía tiene una fuerza laboral de 300 empleados, cada uno de los cuales trabaja ocho horas de tiempo regular a 15 dólares/hora durante 20 días al mes. Las reglas de trabajo requieren que ningún trabajador labore más de 40 horas de tiempo extra por mes. Los costos se ilustran en la tabla 9-18.

TABLA 9-17 Demanda de Game Girl

Mes	*Pronóstico de la demanda*
Julio	100,000
Agosto	110,000
Septiembre	130,000
Octubre	180,000
Noviembre	250,000
Diciembre	300,000

TABLA 9-18 Costos para Mintendo/We "R" Toys

Concepto	*Costo*
Costo de material	$12/unidad
Costo de mantenimiento de inventario	$4/ unidad/mes
Costo marginal de desabasto	$10/ unidad/mes
Costos de contratación y capacitación	$3,000/trabajador
Costo de despido	$5,000/trabajador
Horas de mano de obra requeridas	0.25/unidad
Costo de tiempo regular	$15/hora
Costo de tiempo extra	$22.50/hora
Costo de subcontratar	$18/unidad

Sandra, preocupada por controlar los costos en los periodos de demanda elevada durante las vacaciones, propone a Bill que el precio disminuya 5 dólares durante el mes de septiembre. Esto incrementaría la demanda de septiembre en 50% ya que los nuevos clientes serían atraídos por Game Girl. De manera adicional, 30% de cada uno de los siguientes dos meses de la demanda ocurriría en septiembre como compras adelantadas. Ella considera que esta nivelación de la demanda favorecerá a la compañía.

Bill rebate con la idea de ofrecer la misma promoción en noviembre, durante la temporada alta de compras. En este caso, la promoción aumenta la demanda de noviembre en 50% debido a que nuevos clientes son atraídos por Game Girl. Además, 30% de la demanda de diciembre se moverá a noviembre como compra adelantada. Bill pretende aumentar los ingresos y no halla mejor modo de hacerlo que el de presentar una promoción durante la temporada pico.

PREGUNTAS

1. ¿Qué opción da como resultado la maximización de las utilidades para la cadena de suministro: el plan de Sandra, el plan de Bill o ningún plan de promoción?
2. ¿Cómo cambia la respuesta si se debe dar un descuento de $10 para alcanzar el mismo nivel de impacto que el recibido por los $5?
3. Suponga que los temores de Sandra acerca de un incremento a los costos de *outsourcing* lleguen a fructificar y que el costo se incremente a 22 dólares/unidad para la subcontratación. ¿Esto modifica la decisión cuando el descuento es de 5 dólares?

PARTE IV

PLANEACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

CAPÍTULO 10
ADMINISTRACIÓN DE ECONOMÍAS DE ESCALA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO: INVENTARIO DE CICLO

CAPÍTULO 11
ADMINISTRACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN UNA CADENA DE SUMINISTRO: INVENTARIO DE SEGURIDAD

CAPÍTULO 12
DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

El propósito de los tres capítulos de la parte IV es describir el papel que el inventario desempeña en la cadena de suministro y analizar las medidas que los gerentes pueden adoptar para disminuir los inventarios sin incrementar el costo o afectar el nivel de disponibilidad del producto.

El capítulo 10 analiza los factores que afectan el nivel del inventario de ciclo dentro de la cadena de suministro. Se describen diversas acciones administrativas que permiten al gerente de la cadena disminuir el nivel del inventario de ciclo sin aumentar los costos. El capítulo 11 se centra en la creación de un inventario de seguridad para contrarrestar la incertidumbre de la oferta o la demanda. Aquí, se estudian varios factores que influyen en el nivel del inventario de seguridad. Con base en ellos, se explican distintas herramientas administrativas que pueden emplearse para reducir la cantidad de inventario de seguridad requerido sin afectar el nivel de disponibilidad del producto. El capítulo 12 examina los factores que influyen en el nivel apropiado de disponibilidad del producto dentro de la cadena de suministro. Se describen diferentes herramientas administrativas que se utilizan con el objetivo de acrecentar la rentabilidad total en la cadena de suministro, como la respuesta rápida y el aplazamiento.

CAPÍTULO 10

ADMINISTRACIÓN DE ECONOMÍAS DE ESCALA EN UNA CADENA DE SUMINISTRO: INVENTARIO DE CICLO



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Balancear los costos apropiados para elegir la cantidad óptima del inventario de ciclo en la cadena de suministro.
2. Comprender el impacto de los descuentos por cantidad en el tamaño de lote y el inventario de ciclo.
3. Idear esquemas apropiados de descuento para la cadena de suministro.
4. Entender el impacto de las promociones comerciales en el tamaño de lote y el inventario de ciclo.
5. Identificar las herramientas administrativas que reducen el tamaño de lote y el inventario de ciclo en la cadena de suministro sin incrementar el costo.

El inventario de ciclo existe debido a que producir o comprar en grandes lotes permite explotar las economías de escala y, por tanto, disminuir los costos en las distintas etapas de la cadena de suministro. La presencia de costos fijos asociados con los pedidos y el transporte, descuentos por cantidad en el precio de los productos y descuentos a corto plazo o promociones comerciales estimulan a las diferentes etapas de la cadena a explotar las economías de escala y ordenar en grandes lotes. En este capítulo estudiamos cómo cada uno de tales factores afecta el tamaño de lote y los inventarios de ciclo dentro de la cadena. Nuestra finalidad es identificar las herramientas administrativas que reducen el inventario de ciclo en la cadena sin incrementar el costo.

10.1 PAPEL DEL INVENTARIO DE CICLO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

El *tamaño de lote* o *tanda* es la cantidad que una etapa de la cadena de suministro produce o compra en un momento dado. Considere, por ejemplo, una tienda de computadoras que vende en promedio cuatro impresoras por día. Sin embargo, el gerente de la tienda ordena 80 impresoras al fabricante cada vez que coloca un pedido. El tamaño del lote o tanda en este caso es de 80 impresoras. Dadas las ventas diarias de las cuatro impresoras, se necesita un promedio de 20 días para que la tienda venda todo el lote y adquiera un lote de reabastecimiento. La tienda de computadoras mantiene un inventario de impresoras porque el gerente compra un lote más grande que las ventas diarias de la tienda. El *inventario de ciclo* es el inventario promedio en una cadena debido a la producción o compras en lotes de tamaño más grande que aquellos que el cliente demanda.

En lo que resta de este capítulo empleamos la siguiente notación:

Q: Cantidad en el tamaño del lote o tanda
D: Demanda por unidad de tiempo

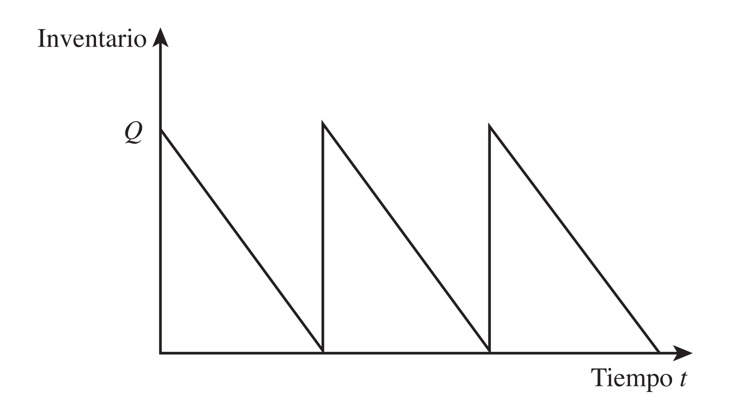


FIGURA 10-1
Perfil del inventario de pantalones vaqueros en Jean-Mart

En este capítulo pasamos por alto el impacto de la variabilidad de la demanda y suponemos que la demanda es estable. En el capítulo 11 introducimos la variabilidad de la demanda y su impacto en el inventario de seguridad.

Consideremos el inventario de ciclo de pantalones vaqueros en Jean-Mart, una tienda departamental. La demanda de pantalones vaqueros es relativamente estable en $D = 100$ pares de pantalones vaqueros al día. El gerente de la tienda actualmente compra en lotes de $Q = 1{,}000$ pares. El *perfil del inventario* de pantalones vaqueros se grafica mostrando el nivel del inventario a través del tiempo, como se muestra en la figura 10-1.

Como las compras se realizan en lotes de $Q = 1{,}000$ unidades, mientras que la demanda es de sólo $D = 100$ unidades por día, se requieren 10 días para que se venda todo el lote. Durante estos 10 días, el inventario de pantalones vaqueros en Jean-Mart disminuye en forma continua de 1,000 unidades (cuando llega el lote) a 0 (cuando se vende el último par). La secuencia de llegada de un lote y la demanda reduciendo el inventario hasta que otro lote llega se repite cada 10 días como se ilustra en el perfil del inventario de la figura 10-1.

Cuando la demanda es constante, el inventario de ciclo y el tamaño del lote se relacionan de la manera siguiente:

$$\text{Inventario de ciclo} = \frac{\text{tamaño del lote}}{2} = \frac{Q}{2} \qquad \textbf{(10.1)}$$

Para un tamaño de lote de 1,000 unidades, Jean-Mart mantiene un inventario de ciclo de $Q/2 = 500$ pares de pantalones vaqueros. De la ecuación 10.1, deducimos que el inventario de ciclo es proporcional al tamaño del lote. Una cadena de suministro en la cual los diferentes niveles o etapas producen o compran en lotes grandes tiene más inventario de ciclo que una cadena de suministro en la que las etapas compran en lotes pequeños. Por ejemplo, si una tienda departamental competidora con la misma demanda compra un tamaño de lote de 200 pares de pantalones vaqueros tendrá un inventario de ciclo de sólo 100 pares de pantalones.

Asimismo, los tamaños de lote y el inventario de ciclo influyen en el tiempo de flujo del material dentro de la cadena. Recordemos de la ley de Little (ecuación 3.1) que

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{\text{inventario promedio}}{\text{tasa de flujo promedio}}$$

Para cualquier cadena de suministro, la tasa de flujo promedio es igual a la demanda. Por tanto, tenemos que

$$\text{Tiempo de flujo promedio resultante del inventario de ciclo} = \frac{\text{inventario de ciclo}}{\text{demanda}} = \frac{Q}{2D}$$

Para un tamaño de lote de 1,000 pares de pantalones vaqueros y la demanda diaria de 100 pares, tenemos

$$\text{Tiempo de flujo promedio resultante del inventario de ciclo} = \frac{Q}{2D} = \frac{1{,}000}{200} = 5 \text{ días}$$

El inventario de ciclo en la tienda Jean-Mart agrega cinco días a la cantidad promedio de tiempo que los pantalones vaqueros pasan en la cadena de suministro. Mientras más grande sea el inventario de ciclo, más largo será el tiempo que transcurre entre la producción del producto y la venta del mismo. Siempre es deseable un nivel más bajo de inventario de ciclo, ya que los intervalos de tiempo largos dejan a la compañía vulnerable a cambios en la demanda del mercado. Además, un inventario de ciclo bajo disminuye las necesidades de capital de trabajo. Por ejemplo, Toyota mantiene un inventario de ciclo de solo pocas horas de producción entre la fábrica y la mayoría de los proveedores. Como resultado, la empresa nunca se queda con partes innecesarias y sus necesidades de capital de trabajo son menores que las de sus competidores. Toyota también asigna muy poco espacio al inventario en la fábrica.

Antes de proponer acciones que el gerente puede emprender para reducir el inventario de ciclo, es importante comprender por qué las etapas de una cadena de suministro producen o compran en grandes lotes y cómo la reducción en el tamaño del lote afecta el desempeño de la cadena.

El inventario de ciclo se mantiene para aprovechar las economías de escala y reducir el costo dentro de la cadena. Para entender cómo logra la cadena estas economías de escala, primero necesitamos identificar los costos de la misma que se ven influidos por el tamaño del lote.

El *precio promedio pagado por unidad comprada* es un costo clave en la decisión del tamaño del lote. El comprador puede incrementar el tamaño del lote si esta acción resulta en una reducción en el precio pagado por unidad comprada. Por ejemplo, si el fabricante de los pantalones vaqueros cobra 20 dólares por par en pedidos de menos de 500 pares y 18 dólares por par en pedidos mayores, el gerente de la tienda de Jean-Mart obtiene un menor precio al ordenar en lotes de cuando menos 500 pares. El precio pagado por unidad se denomina *costo de material* y se denota con C. Se mide en \$/unidad. En muchas situaciones prácticas, el costo de material muestra economías de escala y un tamaño de lote mayor disminuye el costo de material.

El *costo fijo de ordenar* incluye todos los costos que no varían con el tamaño del pedido, pero que se incurren cada vez que se coloca un pedido. Por ejemplo, puede haber un costo administrativo fijo por colocar el pedido, un costo de camión por transportarlo y un costo laboral por recibirlo. Jean-Mart, por ejemplo, incurre en un costo de 400 dólares por el camión, sin importar el número de pares de pantalones vaqueros enviados. Si el camión puede transportar hasta 2,000 pares de pantalones vaqueros, el tamaño de lote de 100 pares resulta en un costo de transporte de 4 dólares/par, mientras que un tamaño de lote de 1,000 pares tiene un costo de transporte de 0.40 dólares/par. Dado el costo fijo de transporte por lote, el gerente puede reducir el costo de transporte por unidad incrementando el tamaño del lote. El costo fijo de ordenar por lote o tanda se denota con la letra S (por lo común, se considera como un costo de preparación) y se mide en \$/lote. El costo de ordenar presenta economías de escala, e incrementar el tamaño del lote disminuye el costo fijo de ordenar por unidad comprada.

El *costo de mantener inventario* es el costo de tener una unidad de inventario durante un periodo específico, en general, un año. Es una combinación del costo del capital, el costo de almacenar físicamente el inventario y el que es resultado de que el producto se vuelva obsoleto. Este costo se representa con H y se mide en \$/unidad/año. También puede obtenerse como una fracción, h, del costo unitario del producto. Dado un costo unitario de C, el costo de mantener inventario H está dado por

$$H = hC \tag{10.2}$$

El costo total de mantener inventario aumenta con un incremento en el tamaño del lote y el inventario de ciclo.

Para resumir, los costos que deben considerarse en cualquier decisión sobre el tamaño de lote son:

- Precio promedio por unidad comprada, \$$C$/unidad
- Costo fijo de ordenar en que se incurre por lote, \$$S$/lote
- Costo de mantener inventario en que se incurre por unidad por año, \$$H$/unidad/año = hC

Más adelante en el capítulo, analizamos cómo los costos diversos se calculan en la práctica. Sin embargo, para el propósito de este análisis, suponemos que ya se conocen.

La función principal del inventario de ciclo consiste en permitir que en las diferentes etapas de la cadena de suministro se compren productos en tamaños de lote que minimicen la suma de los costos de material, ordenar y mantener inventario. Si el gerente considera sólo el costo de mantener inventario, reducirá el tamaño del lote y el inventario de ciclo. No obstante, las economías de escala en las compras y pedidos, lo motivan a incrementar el tamaño del lote y el inventario de ciclo. El gerente debe establecer un equilibrio que minimice el costo total al tomar las decisiones sobre el tamaño del lote.

Idealmente, las decisiones acerca del inventario de ciclo deben tomarse considerando el costo total de toda la cadena de suministro. Sin embargo, en la práctica, sucede que cada etapa toma sus decisiones sobre el inventario de ciclo de manera independiente. Como lo analizamos más adelante en el capítulo, dicha práctica incrementa el nivel del inventario de ciclo así como el costo total en la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE El inventario de ciclo existe en la cadena de suministro porque las diferentes etapas explotan las economías de escala para disminuir el costo total. Los costos considerados incluyen el costo de material, el costo fijo de ordenar y el costo de mantener inventario.

Cualquier etapa de la cadena aprovecha economías de escala en sus decisiones de reabastecimiento en las siguientes tres situaciones características:

1. Se incurre en un costo fijo cada vez que se coloca o produce un pedido.
2. El proveedor ofrece descuentos de precio con base en la cantidad comprada por lote.
3. El proveedor ofrece descuentos de precio a corto plazo u ofrece promociones comerciales.

En las siguientes secciones, revisamos cómo los gerentes de compras sacan provecho de estas situaciones.

10.2 ECONOMÍAS DE ESCALA PARA EXPLOTAR LOS COSTOS FIJOS

Para entender mejor los equilibrios analizados en esta sección, considere una situación que con frecuencia se presenta en la vida diaria: la compra de comestibles y otros productos para el hogar. Éstos pueden adquirirse en la tienda de la esquina o en Sam's Club (un gran almacén mayorista que vende bienes de consumo), el cual se localiza, a menudo, mucho más lejos. El costo fijo de ir de compras es el tiempo que toma ir al lugar, el cual es mucho más bajo para la tienda de la esquina; no obstante, los precios son más altos ahí. Tomando el costo fijo en consideración, tendemos a adaptar el tamaño del lote de acuerdo con la decisión. Cuando necesitamos sólo una pequeña cantidad, vamos a la tienda de la esquina, ya que el beneficio de un costo fijo bajo pesa más que el costo de los precios más altos de la tienda. Sin embargo, cuando queremos comprar una gran cantidad, vamos a Sam's Club, donde los precios bajos que se pagan por la mayor cantidad comprada compensan con creces el aumento en el costo fijo.

En esta sección nos enfocamos en una situación en la que se incurre en costos fijos de colocación, recepción y transporte del pedido cada vez que se coloca un pedido. El gerente de compras quiere minimizar el costo total de satisfacer la demanda y, por tanto, debe establecer el equilibrio apropiado entre los costos cuando toma decisiones sobre el tamaño del lote. Nosotros comenzamos por considerar la decisión sobre el tamaño del lote para un solo producto.

TAMAÑO DEL LOTE PARA UN SOLO PRODUCTO (CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO)

Como Best Buy vende su inventario actual de computadoras HP, el gerente de compras coloca un pedido de reabastecimiento de un nuevo lote de Q computadoras. Incluido el costo de transporte, Best Buy incurre en un costo fijo de $\$S$ por pedido. El gerente de compras debe decidir

el número de computadoras que va a ordenar a HP en un lote. Para esta decisión, suponemos los siguientes datos:

D = Demanda anual del producto
S = Costo fijo incurrido por pedido
C = Costo por unidad
h = Costo de mantener inventario por año como fracción del costo del producto

Suponga que HP no ofrece descuento alguno y que cada unidad cuesta $\$C$ sin importar la magnitud del pedido. El costo de mantener inventario está dado por $H = hC$ (utilizando la ecuación 10.2).

El gerente toma la decisión del tamaño del lote para minimizar el costo total en que la tienda incurre, para lo cual considera tres costos:

- Costo anual del material
- Costo anual de ordenar
- Costo anual de mantener inventario

Debido a que el precio de compra es independiente del tamaño del lote, tenemos

$$\text{Costo anual del material} = CD$$

El número de pedidos debe ser suficiente para satisfacer la demanda anual D. Dado el tamaño de lote de Q. Tenemos

$$\text{Número de pedidos por año} = \frac{D}{Q} \qquad \textbf{(10.3)}$$

Debido a que se incurre en el costo de ordenar S por cada pedido colocado, inferimos que

$$\text{Costo anual de ordenar} = \left(\frac{D}{Q}\right)S \qquad \textbf{(10.4)}$$

Dado un tamaño de lote Q, tenemos un inventario promedio de $Q/2$. El costo anual de mantener inventario es, por tanto, el costo de mantener $Q/2$ unidades en un año y está dado por

$$\text{Costo anual de mantener} = \left(\frac{Q}{2}\right)H = \left(\frac{Q}{2}\right)hC$$

El costo total anual, TC, es la suma de los tres costos y está proporcionado por

$$\text{Costo total anual, } TC = CD + \left(\frac{D}{Q}\right)S + \left(\frac{Q}{2}\right)hC$$

La figura 10-2 muestra la variación en los distintos costos conforme se modifica el tamaño del lote. Observe que el costo anual de mantener inventario crece cuando aumenta el tamaño del lote. En contraste, el costo anual de ordenar desciende cuando aumenta el tamaño del lote. El costo de material es independiente del tamaño del lote, ya que hemos supuesto que el precio es fijo. Así, el costo total anual disminuye primero y después aumenta con un incremento en el tamaño del lote.

Desde la perspectiva del gerente de Best Buy, el tamaño óptimo del lote es el que minimiza el costo total de la empresa. Se obtiene al tomar la primera derivada del costo total respecto a Q y haciéndola igual a 0 (véase el apéndice 10A). Al tamaño óptimo del lote se conoce como *cantidad económica de pedido* (*EOQ*, del inglés *economic order quantity*), se denota como Q^* y está dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Tamaño óptimo del lote, } Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{hC}} \qquad \textbf{(10.5)}$$

Observe que, en esta fórmula, es indispensable utilizar las mismas unidades de tiempo para el costo de mantener inventario h y la demanda D. Con cada lote o tanda de tamaño Q^*, el

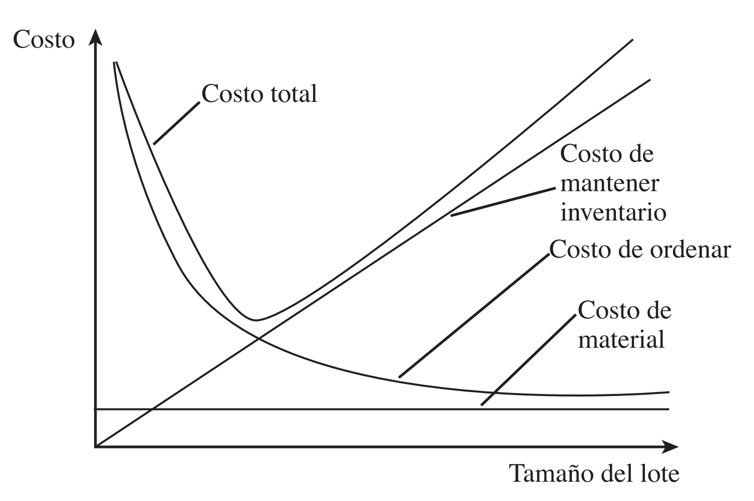


FIGURA 10-2 Efecto del tamaño del lote en los costos de Best Buy

inventario de ciclo en el sistema está dado por $Q^*/2$. El tiempo de flujo que pasa cada unidad en el sistema se da por $Q^*/(2D)$. Conforme aumenta el tamaño óptimo de lote, también lo hace el inventario de ciclo y el tiempo de flujo. La frecuencia óptima de ordenar se representa con n^*, donde

$$n^* = \frac{D}{Q^*} = \sqrt{\frac{DhC}{2S}} \tag{10.6}$$

En el ejemplo 10-1 ilustramos la fórmula de EOQ y el procedimiento para tomar las decisiones sobre el tamaño del lote.

Ejemplo 10-1: **Cantidad económica de pedido**

La demanda de computadoras Deskpro en Best Buy es de 1,000 unidades por mes. Best Buy incurre en costos fijos de colocación del pedido, transporte y recepción de 4,000 dólares cada vez que se coloca un pedido. Cada computadora le cuesta 500 dólares y el minorista tiene un costo de mantener inventario de 20%. Evalúe el número de computadoras que el gerente de la tienda debe ordenar en cada lote de reabastecimiento.

Análisis: En este caso, el gerente de la tienda cuenta con los siguientes datos:

Demanda anual, $D = 1{,}000 \times 12 = 12{,}000$ unidades
Costo de ordenar por lote, $S = 4{,}000$ dólares
Costo unitario por computadora, $C = 500$ dólares
Costo de mantener inventario por año como una fracción del valor del inventario, $h = 0.2$

Empleando la fórmula de EOQ (ecuación 10.5), el tamaño óptimo del lote es

$$\text{Tamaño óptimo del pedido} = Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 12{,}000 \times 4{,}000}{0.2 \times 500}} = 980$$

Para minimizar el costo total de Best Buy, el gerente ordena un tamaño de lote de 980 computadoras en cada pedido de reabastecimiento. El inventario de ciclo es el inventario promedio resultante y (usando la ecuación 10.1) está dado por

$$\text{Inventario de ciclo} = \frac{Q^*}{2} = \frac{980}{2} = 490$$

Para un tamaño de lote $Q^* = 980$, el gerente evalúa

$$\text{Número de pedido por año} = \frac{D}{Q^*} = \frac{12{,}000}{980} = 12.24$$

$$\text{Costo anual de mantener inventario y ordenar} = \frac{D}{Q^*}S + \left(\frac{Q^*}{2}\right)hC = 97{,}980 \text{ dólares}$$

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{Q^*}{2D} = \frac{490}{12{,}000} = 0.041 \text{ año} = 0.49 \text{ meses}$$

Así, cada computadora pasa 0.49 mes, en promedio, en Best Buy antes de que se venda, ya que fue comprada en una tanda de 980.

A partir del ejemplo 10-1 podemos obtener algunos conceptos fundamentales. Empleando un tamaño de lote de 1,100 (en lugar de 980) el costo anual se incrementa a 98,636 dólares (desde 97,980 dólares). Aun cuando el tamaño del pedido es más de 10% mayor que el tamaño óptimo del pedido Q^*, el costo total se incrementa en sólo 0.6%. Este aspecto es relevante en la práctica. Por ejemplo, Best Buy puede considerar que la cantidad económica de pedido para disquetes de computadora es de 6.5 cajas. El fabricante puede mostrarse reticente a enviar la mitad de una caja y quizá pretenda cobrar extra por este servicio. Nuestro estudio confirma que a Best Buy le conviene tamaños de lote de seis o siete cajas, ya que este cambio tiene un impacto muy pequeño en sus costos relacionados con el inventario y puede ahorrarse cualquier cuota que el fabricante cobre por enviar la mitad de una caja.

PUNTO CLAVE Los costos totales de ordenar y mantener inventario son relativamente estables alrededor de la cantidad económica de pedido. A la compañía le conviene más ordenar un tamaño de lote práctico, cercano a la cantidad económica de pedido, en lugar del valor exacto de la EOQ.

Si la demanda en Best Buy aumenta a 4,000 computadoras al mes (la demanda se ha incrementado por un factor de 4), la fórmula de EOQ muestra que el tamaño óptimo del lote se duplica y ocurre lo mismo con el número de pedidos colocados por año. En contraste, el tiempo de flujo promedio disminuye por un factor de 2. En otras palabras, a medida que la demanda aumenta, el inventario de ciclo, medido en función de días (o meses) de la demanda, debe reducirse si la decisión sobre el tamaño del lote se toma de manera óptima. Esta observación puede establecerse del modo siguiente:

PUNTO CLAVE Si la demanda se incrementa por un factor de k, el tamaño óptimo del lote aumenta por un factor de $\sqrt{k}$. El número de pedidos colocados por año también debe incrementarse por un factor de $\sqrt{k}$. El tiempo de flujo atribuido al inventario de ciclo debe disminuir por un factor de $\sqrt{k}$.

Regresemos a la situación donde la demanda mensual del modelo Deskpro es de 1,000 computadoras. Ahora, supongamos que al gerente le gustaría reducir el tamaño del lote a Q = 200 unidades para reducir el tiempo de flujo. Si este tamaño de lote disminuye sin ningún otro cambio, tenemos

$$\text{Costos anuales relacionados con el inventario} = \left(\frac{D}{Q}\right)S + \left(\frac{Q}{2}\right)hC = 250{,}000 \text{ dólares}$$

Éstos son significativamente más altos que el costo total de 97,980 dólares en que Best Buy incurrió al ordenar en lotes de 980 unidades como en el ejemplo 10-1. Por tanto, existen razones financieras evidentes del porqué el gerente de la tienda debe estar poco dispuesto a reducir el tamaño del lote a 200. Para hacer posible la reducción del tamaño del lote, el gerente debe trabajar para disminuir el costo fijo de ordenar. Por ejemplo, si el costo fijo asociado con cada lote se reduce a 1,000 dólares (respecto al valor actual de 4,000 dólares), el tamaño óptimo del lote disminuye a 490 (a partir del valor actual de 980). Ilustramos la relación entre el tamaño del lote deseado y el costo de ordenar en el ejemplo 10-2.

Ejemplo 10-2: **Relación entre el tamaño del lote deseado y el costo de ordenar**

El gerente de la tienda de Best Buy quisiera reducir el tamaño óptimo del lote de 980 a 200. Para que esta disminución en el tamaño del lote sea óptima, el gerente de la tienda necesita evaluar cuánto debe reducirse el costo de ordenar por lote.

Análisis: En este caso tenemos

Tamaño del lote deseado, $Q^* = 200$
Demanda anual, $D = 1{,}000 \times 12 = 12{,}000$ unidades
Costo unitario por computadora, $C = 500$ dólares
Costo de mantener inventario por año como una fracción del valor del inventario, $h = 0.2$

Empleando la fórmula de EOQ (ecuación 10.5), el costo de ordenar deseado es

$$S = \frac{hC(Q^*)^2}{2D} = \frac{0.2 \times 500 \times 200^2}{2 \times 12{,}000} = 166.7$$

Así, el gerente de la tienda de Best Buy tendría que reducir el costo de ordenar por lote de 4,000 dólares a 166.7 dólares para que un tamaño de lote de 200 sea óptimo.

La observación en el ejemplo 10-2 puede enunciarse como sigue:

PUNTO CLAVE Para reducir el tamaño óptimo del lote por un factor de k, el costo fijo de ordenar S debe reducirse por un factor de k^2.

AGREGACIÓN DE MÚLTIPLES PRODUCTOS EN UN SOLO PEDIDO

Para reducir de manera efectiva el tamaño del lote, el gerente de la tienda debe analizar las causas del costo fijo. Como lo señalamos, una importante fuente de costos fijos es el transporte. En varias compañías, la gama de productos vendidos se divide en familias o grupos, donde cada grupo es administrado de manera independiente por un gerente de producto distinto. Esto resulta en pedidos y entregas separados para cada familia de productos, de modo que todo el inventario de ciclo se incrementa. La agregación de pedidos y entregas de familias de productos es un mecanismo eficaz para disminuir el inventario de ciclo.

Considere la información del ejemplo 10-1. Suponga que la demanda de cada uno de los cuatro modelos es de 1,000 unidades por mes. En este caso, si cada gerente de producto ordena por separado, se ordenaría un tamaño de lote de 980 unidades. En los cuatro modelos, el inventario de ciclo total sería de 1,960 unidades.

Ahora, considere el caso donde el gerente de la tienda de Best Buy se percata de que todos los embarques se originaron de la misma fuente, por lo que solicita a los gerentes de producto que coordinen sus compras para asegurar que los cuatro productos lleguen en el mismo camión. En este caso, el tamaño óptimo del lote combinado de los cuatro modelos resulta ser de 1,960 unidades. Esto es equivalente a 490 unidades de cada modelo. Como resultado de la agregación de los pedidos y de distribuir el costo fijo de transporte entre múltiples productos que se originan del mismo proveedor, se vuelve financieramente óptimo para el gerente de la tienda de Best Buy reducir el tamaño del lote de cada producto individual. Esta acción reduce en forma significativa el inventario de ciclo y el costo para Best Buy.

Otra manera de conseguir este resultado es tener una sola entrega proveniente de múltiples proveedores (permitiendo que el costo fijo de transporte se reparta entre varios minoristas). Esta observación puede enunciarse como sigue:

PUNTO CLAVE El reabastecimiento agregado de productos, minoristas o proveedores en un solo pedido permite una reducción en el tamaño del lote de productos individuales, ya que los costos fijos de ordenar y de transporte se reparten entre varios productos, minoristas o proveedores.

Wal-Mart y otros minoristas han facilitado la agregación en múltiples puntos de suministro y entrega sin almacenar inventarios intermedios mediante el uso del cruce de andén (*cross-docking*). Cada proveedor envía camiones completos al centro de distribución (CD), los cuales contienen entrega agregada destinada a múltiples tiendas minoristas. En el CD, cada camión entrante es descargado, el producto es cruzado en el andén (*cross-docked*), y los camiones salientes, cargados. Cada camión saliente ahora contiene productos agregados de distintos proveedores para una sola tienda minorista.

Al considerar los costos fijos, uno no puede pasar por alto los costos de recepción o carga. Conforme se incluyen más productos en un solo pedido, se incrementa la variedad de productos en un camión. El almacén receptor ahora debe actualizar sus registros de inventario para más artículos por camión. Además, la tarea de poner el inventario dentro del almacén se vuelve más costosa, ya que cada artículo diferente debe almacenarse en una ubicación separada. De este modo, al tratar de reducir el tamaño de los lotes, es importante centrarse en reducir también estos costos. Los avisos anticipados de embarque (ASN, del inglés *advanced shipping notices*) son archivos enviados de manera electrónica por el proveedor al cliente y contienen los registros precisos del contenido del camión. Estos avisos electrónicos facilitan la actualización de los registros del inventario y la decisión respecto a las ubicaciones de almacenaje, ayudando a reducir el costo fijo asociado con la recepción. Asimismo, la tecnología de RFID (identificación por radiofrecuencia) contribuye a reducir los costos fijos relacionados con la variedad de productos que se reciben. El costo fijo reducido de recepción lo vuelve óptimo para reducir el tamaño del lote ordenado, por lo que acorta el inventario de ciclo. A continuación analizamos cómo los tamaños óptimos de lote pueden determinarse en tal configuración.

TAMAÑO DEL LOTE CON MÚLTIPLES PRODUCTOS O CLIENTES

En general, los costos de colocación, transportación y recepción de pedidos crecen con la diversidad de los productos o los puntos de surtido. Por ejemplo, es más económico para Wal-Mart recibir un camión que contiene un solo producto que recibir un camión con muchos productos diferentes, ya que el esfuerzo de actualización y reabastecimiento del inventario es mucho menor para un solo producto. Una porción del costo fijo de un pedido puede estar relacionada con el transporte (esto depende sólo de la carga y es independiente de la variedad del producto en el camión). Una porción del costo fijo se relaciona con la carga y la recepción (este costo aumenta con la variedad en el camión). Ahora, estudiaremos de qué modo el tamaño óptimo del lote puede establecerse en esa situación.

Nuestro objetivo es llegar a los tamaños de lote y política de ordenar que minimicen el costo total. Suponemos los siguientes datos:

D_i: Demanda anual del producto *i*.
S: Costo de ordenar en que se incurre cada vez que se coloca un pedido, independiente de la variedad de productos incluidos en el pedido.
s_i: Costo adicional de ordenar en que se incurre si el producto *i* se incluye en el pedido.

En el caso de Best Buy y múltiples modelos, el gerente de la tienda puede considerar tres métodos para la decisión del tamaño del lote:

1. Cada gerente de producto ordena su modelo de manera independiente.
2. Los gerentes de producto ordenan en forma conjunta todos los productos en cada lote.
3. Los gerentes de producto ordenan de modo conjunto, pero no todos los pedidos contienen todos los productos; esto es, cada lote abarca un subconjunto de productos.

El primer método no utiliza la agregación, lo que da como resultado un alto costo. El segundo, agrega todos los productos en cada pedido. Su debilidad radica en que los productos de demanda baja se agregan con los de demanda alta en cada pedido. Esta agregación completa da como consecuencia altos costos si el costo específico de ordenar productos de demanda baja es muy elevado. En tal situación, es preferible ordenar productos de demanda baja con menos frecuencia que los de demanda alta. Esta práctica provoca una reducción del costo específico de ordenar un producto de demanda baja. Como repercusión, es probable que el tercer método dé lugar al costo menor. Sin embargo, es más complejo de coordinar.

Consideramos el ejemplo de la compra de computadoras para Best Buy e ilustramos el efecto de cada uno de los tres métodos en los costos de la cadena de suministro.

Los lotes de cada producto se ordenan y entregan de manera independiente

En este método, cada producto se ordena de manera independiente de los demás. Este escenario es equivalente a aplicar la fórmula de EOQ a cada producto al evaluar el tamaño de los lotes, como se ilustra en el ejemplo 10-3.

Ejemplo 10-3: **Múltiples productos con lotes ordenados y entregados de modo independiente**

Best Buy vende tres modelos de computadoras, la Litepro, la Medpro y la Heavypro. Las demandas anuales de los tres productos son D_L = 12,000 unidades para el primero, D_M = 1,200 unidades para el segundo y D_H = 120 unidades para el tercero. Cada modelo le cuesta a Best Buy 500 dólares. Se incurre en un costo fijo de transporte de 4,000 dólares cada vez que se entrega un pedido. Por cada modelo ordenado y entregado en el mismo camión, se incurre en un costo fijo adicional de 1,000 dólares por recepción y almacenamiento. Además, Best Buy incurre en un costo de mantener inventario de 20%. Evalúe los tamaños de los lotes que el gerente de Best Buy deberá ordenar si los lotes
de cada producto son ordenados y entregados en forma independiente. También evalúe el costo anual de tal política.

Análisis: En el ejemplo tenemos la siguiente información:

Demanda, D_L = 12,000/año, D_M = 1,200/año, D_H = 120/año
Costo común de ordenar, S = 4,000 dólares
Costo específico de ordenar cada producto, s_L = 1,000 dólares, s_M = 1,000 dólares, s_H = 1,000 dólares
Costo de mantener inventario, h = 0.2
Costo unitario, C_L = 500 dólares, C_M = 500 dólares, C_H = 500 dólares

Debido a que cada modelo es ordenado y entregado de manera independiente, un camión distinto entrega cada modelo. Así, se incurre en un costo fijo de ordenar de 5,000 dólares (4,000 dólares + 1,000 dólares) por entregar cada producto. Las políticas óptimas de pedido y los costos resultantes para los tres productos (cuando los tres productos se ordenan de modo independiente) se evalúan empleando la fórmula de EOQ (ecuación 10.5) y se muestran en la tabla 10-1.

El modelo Litepro se ordena 11 veces por año, el Medpro se ordena 3.5 veces por año y el Heavypro 1.1 veces por año. Los costos de ordenar y mantener inventario en que incurre Best Buy si los tres modelos se ordenan en forma independiente ascienden a 155,140 dólares.

Ordenar de manera independiente pasa por alto la oportunidad de agregar pedidos. Por tanto, los gerentes de producto de Best Buy podrían disminuir sustancialmente los costos si combinaran los pedidos en un solo camión. A continuación, consideramos el escenario en el cual los tres productos se ordenan y se entregan cada vez que se coloca un pedido.

Los lotes de los tres modelos se ordenan y entregan conjuntamente

Aquí, los tres modelos se incluyen cada vez que se coloca un pedido. En este caso, el costo fijo de ordenar combinado por pedido está dado por

$$S^* = S + s_L + s_M + s_H$$

TABLA 10-1 Tamaños de lote y costos por pedido independiente

	Litepro	*Medpro*	*Heavypro*
Demanda por año	12,000	1,200	120
Costo fijo/pedido	$5,000	$5,000	$5,000
Tamaño óptimo del pedido	1,095	346	110
Inventario de ciclo	548	173	55
Costo anual de mantener inventario	$54,772	$17,321	$5,477
Frecuencia del pedido	11.0/año	3.5/año	1.1/año
Costo anual de ordenar	$54,772	$17,321	$5,477
Tiempo de flujo promedio	2.4 semanas	7.5 semanas	23.7 semanas
Costo anual	$109,544	$34,642	$10,954

Nota: Aunque estas cifras son correctas, algunas pueden diferir debido al redondeo en los cálculos.

El siguiente paso es identificar la frecuencia óptima del pedido. Sea n el número de pedidos colocados por año. Entonces tenemos que

$$\text{Costo anual de ordenar} = S^*n$$

$$\text{Costo anual de mantener inventario} = \frac{D_L h C_L}{2n} + \frac{D_M h C_M}{2n} + \frac{D_H h C_H}{2n}$$

El costo total anual está dado por

$$\text{Costo total anual} = \frac{D_L h C_L}{2n} + \frac{D_M h C_M}{2n} + \frac{D_H h C_H}{2n} + S^*n$$

La frecuencia óptima del pedido minimiza el costo total anual y se obtiene al tomar la primera derivada del costo total respecto a n e igualándola a 0. Esto produce la frecuencia óptima del pedido n^*, donde

$$n^* = \sqrt{\frac{D_L h C_L + D_M h C_M + D_H h C_H}{2S^*}} \qquad \textbf{(10.7)}$$

La ecuación 10.7 puede generalizarse en el caso donde existen k artículos consolidados en un solo pedido de la manera siguiente:

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} D_i h C_i}{2S^*}} \qquad \textbf{(10.8)}$$

La capacidad del camión también se incluye en esta configuración al comparar la carga total para n^* óptima con la capacidad del camión. Si la carga óptima rebasa la capacidad del camión, n^* se incrementa hasta que la carga iguala la capacidad del camión. Al aplicar la ecuación 10.8 a diferentes valores de k, también podemos encontrar el número óptimo de artículos o proveedores que serán agregados a una sola entrega.

En el ejemplo 10-4, consideramos el caso en el cual los gerentes de producto de Best Buy ordenan los tres modelos cada vez que colocan un pedido.

Ejemplo 10-4: **Productos ordenados y entregados de manera conjunta**

Considere la información de Best Buy del ejemplo 10-3. Estos tres gerentes de producto han decidido agregar y ordenar los tres modelos cada vez que colocan un pedido. Evalúe el tamaño óptimo de lote para cada modelo.

Análisis: Debido a que los tres modelos se incluyen en cada pedido, el costo combinado de ordenar es:

$$S^* = S + s_A + s_B + s_C = 7{,}000 \text{ dólares por pedido}$$

La frecuencia óptima del pedido se obtiene con la ecuación 10.7 y está dada por

$$n^* = \sqrt{\frac{12{,}000 \times 100 + 1{,}200 \times 100 + 120 \times 100}{2 \times 7{,}000}} = 9.75$$

De este modo, si cada modelo va a incluirse en cada pedido y entrega, los gerentes de producto de Best Buy deben colocar 9.75 pedidos por año. En este caso, las políticas y costos de ordenar se muestran en la tabla 10-2.

Debido a que se colocan 9.75 pedidos por año y cada pedido cuesta un total de 7,000 dólares, tenemos

$$\text{Costo anual de ordenar} = 9.75 \times 7{,}000 = 68{,}250 \text{ dólares}$$

El costo anual de ordenar y mantener inventario, entre los tres modelos, de la política mencionada con anterioridad se da por

$$\text{Costo anual de ordenar y mantener inventario} = \$61{,}512 + \$6{,}151 + \$615 + \$68{,}250 = \$136{,}528$$

Observe que los gerentes de producto de Best Buy disminuyeron el costo anual de 155,140 dólares a 136,528 dólares al ordenar de manera conjunta todos los productos. Esto representa una disminución de 13%.

TABLA 10-2 Tamaños de lotes y costos con pedidos conjuntos en Best Buy

	Litepro	*Medpro*	*Heavypro*
Demanda por año (D)	12,000	1,200	120
Frecuencia del pedido (n^*)	9.75/año	9.75/año	9.75/año
Tamaño óptimo del pedido (D/n^*)	1,230	123	12.3
Inventario de ciclo	615	61.5	6.15
Costo anual de mantener inventario	$61,512	$6,151	$615
Tiempo de flujo promedio	2.67 semanas	2.67 semanas	2.67 semanas

En el ejemplo 10-5 consideramos la agregación óptima de los pedidos o entregas en presencia de restricciones de capacidad.

Ejemplo 10-5: **Agregación con restricciones de capacidad**

W.W. Grainger se abastece de cientos de proveedores; en este momento, está considerando la agregación de los envíos entrantes para disminuir los costos. El envío cuesta 500 dólares por camión, junto con 100 dólares por surtido. La demanda promedio anual de cada proveedor es de 10,000 unidades. Cada unidad cuesta 50 dólares y Grainger incurre en un costo de mantener inventario de 20%. ¿Cuáles son la frecuencia y el tamaño óptimos del pedido si Grainger decide agregar cuatro proveedores por camión? ¿Cuáles son la frecuencia y el tamaño óptimos del pedido si cada camión tiene una capacidad de 2,500 unidades?

Análisis: En este caso, W.W. Grainger cuenta con los datos siguientes:

Demanda por producto, $D_i = 10,000$
Costo de mantener inventario, $h = 0.2$
Costo unitario por producto, $C_i = 50$ dólares
Costo común de ordenar, $S = 500$ dólares
Costo de ordenar específico de cada proveedor, $s_i = 100$ dólares

El costo de ordenar combinado de los cuatro proveedores está dado por

$$S^* = S + s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 900 \text{ dólares por pedido}$$

De la ecuación 10.8, la frecuencia óptima del pedido es

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} D_i h C_i}{2S^*}} = \sqrt{\frac{4 \times 10{,}000 \times 0.2 \times 50}{2 \times 900}} = 14.91$$

Así, resulta recomendable para Grainger ordenar 14.91 veces por año. El costo anual de ordenar por proveedor es

$$\text{Costo anual de ordenar} = 14.91 \times \frac{900}{4} = 3{,}354 \text{ dólares}$$

La cantidad ordenada a cada proveedor es de $Q = 10{,}000/14.91 = 671$ unidades por pedido. El costo anual de mantener inventario por proveedor es de

$$\text{Costo anual de mantener inventario por proveedor} = \frac{hC_iQ}{2} = 0.2 \times 50 \times \frac{671}{2} = 3{,}355 \text{ dólares}$$

Sin embargo, esta política requiere una capacidad total por camión de $4 \times 671 = 2{,}684$ unidades. Dada una capacidad del camión de 2,500 unidades, la frecuencia del pedido debe incrementarse con el propósito de asegurar que la cantidad de pedido de cada proveedor sea de $2{,}500/4 = 625$. Por tanto, W.W. Grainger debe aumentar la frecuencia del pedido a $10{,}000/625 = 16$. Esta acción incrementará el costo anual de ordenar a 3,600 dólares y disminuirá el costo anual de mantener inventario por proveedor a 3,125 dólares.

La principal ventaja de ordenar todos los productos de manera conjunta es la facilidad de la administración y la implementación. La desventaja es que este método no es suficientemente selectivo para combinar modelos particulares que deben ser ordenados en forma conjunta. Si los costos de ordenar un producto específico son altos, el ordenar conjuntamente todos los

productos es muy costoso. En nuestro ejemplo, los costos de ordenar un producto específico (1,000 dólares) se incurren en los tres modelos en cada pedido. Los costos totales se reducen si los modelos de demanda baja son ordenados con menor frecuencia. A continuación, consideremos una política en la cual los gerentes de producto no necesariamente ordenan todos los modelos cada vez que se coloca un pedido, pero coordinan sus pedidos.

Los lotes de un subconjunto seleccionado de productos se ordenan y entregan conjuntamente

Ahora, analizaremos un procedimiento que es más selectivo para combinar los productos que van a ordenarse en forma conjunta. El procedimiento que estudiaremos no necesariamente proporciona la solución óptima. No obstante, produce una política de ordenar cuyo costo es cercano al óptimo.

El primer paso es identificar el producto que va a ser ordenado con mayor frecuencia. Para cada producto sucesivo, identificamos los pedidos en los que se incluye. En general, no es óptimo que un producto en particular se incluya a intervalos regulares (por ejemplo, podría incluirse en cada segundo o tercer pedido). Sin embargo, en nuestro procedimiento supondremos que cada producto se incluye en el pedido a intervalos regulares. Una vez que hemos identificado el modelo ordenado con más asiduidad, para cada producto i sucesivo identificamos la frecuencia m_i, donde el modelo i se ordena cada m_i entregas.

Primero, describimos el procedimiento en general y, luego, lo aplicamos a un ejemplo específico. Consideremos que los productos están indexados por i, donde i varía de 1 a n (suponiendo un total de n productos). Cada producto i tiene una demanda anual D_i, un costo unitario C_i y un costo específico de ordenar cada producto. El costo común de ordenar es S.

Paso 1: Como primer paso, identificamos el producto ordenado con mayor frecuencia, suponiendo que cada producto es ordenado de manera independiente. En este caso, se asigna a cada producto un costo fijo de $S + s_i$. Para cada producto i (empleando la ecuación 10.6), evaluamos la frecuencia del pedido:

$$\overline{n_i} = \sqrt{\frac{hC_iD_i}{2(S + s_i)}}$$

Ésta es la frecuencia con que el producto i sería ordenado si sólo fuera un producto el ordenado (en cuyo caso se incurriría en un costo fijo de $S + s_i$ por pedido). Sea $\overline{n}$ la frecuencia del producto ordenado con más insistencia; esto es, $\overline{n}$ es el máximo entre todos los $\overline{n}$. El producto ordenado con más regularidad se incluye cada vez que se coloca un pedido.

Paso 2: Identificar la frecuencia con la que otros productos son incluidos con el producto ordenado más a menudo; esto es, calcular la frecuencia del pedido de cada producto como un múltiplo de la frecuencia del pedido del producto que más se ordena. El producto que se ordena con mayor frecuencia se ordena en cada ocasión y se le asigna todo el costo fijo S. Para cada uno de los demás productos i, tenemos sólo el componente del costo fijo del producto específico s_i. La frecuencia del pedido de todos los demás productos se calcula empleando solamente el costo fijo del producto específico en la ecuación 10.6. Para cada producto i (exceptuando el producto ordenado con mayor frecuencia), evaluamos la frecuencia del pedido:

$$\overline{\overline{n_i}} = \sqrt{\frac{hC_iD_i}{2s_i}}$$

Evaluamos la frecuencia del producto i en relación con el producto ordenado con más reiteración para que sea $\overline{m_i}$, donde

$$\overline{m_i} = \overline{n}/\overline{\overline{n_i}}$$

En general, $\overline{m_i}$ contendrá un componente fraccionario. Para cada producto i (distinto del producto ordenado con mayor frecuencia), definimos la frecuencia m_i con que se incluye con el producto ordenado con más frecuencia, donde

$$m_i = \lceil \overline{m_i} \rceil$$

En este caso $\lceil\ \rceil$ es la operación que redondea la frecuencia al entero más cercano.

Paso 3: Una vez decidida la frecuencia del pedido de cada producto, se recalcula la frecuencia del pedido del producto ordenado con más frecuencia n, donde

$$n = \sqrt{\frac{\sum hC_i m_i D_i}{2\left(S + \sum s_i/m_i\right)}} \tag{10.9}$$

El calculo inicial de $\overline{n_i}$ no es válido debido a que el costo fijo asignado a cada pedido fue $S + s_i$, donde i es el producto ordenado con más frecuencia. La ecuación 10.9 refleja el hecho de que cada producto se ordena con la frecuencia m_i.

Paso 4: Para cada producto, evaluamos la frecuencia del pedido de $n_i = n/m_i$ y el costo total de tal política de ordenar.

El procedimiento descrito resulta en una *agregación hecha a la medida*, en la que los productos de demanda alta se ordenan con más frecuencia y los de demanda baja se ordenan con menos frecuencia. El ejemplo 10-6 retoma la agregación hecha a la medida para la decisión de ordenar de Best Buy en el ejemplo 10-3.

Ejemplo 10-6: **Tamaños de lote ordenados y entregados de manera conjunta de un subconjunto seleccionado que varía por pedido**

Consideremos la información de Best Buy del ejemplo 10-3. Los gerentes de producto han decidido ordenar en forma conjunta y ser selectivos respecto a los modelos que incluirán en cada pedido. Evalúe la política y los costos de ordenar empleando el procedimiento explicado con anterioridad.

Análisis: Recordemos que S = 4,000 dólares, s_L = 1,000 dólares, s_M = 1,000 dólares, s_H = 1,000 dólares. Aplicando el paso 1, tenemos

$$\overline{n_L} = \sqrt{\frac{hC_L D_L}{2(S + s_L)}} = 11.0, \overline{n_M} = 3.5 \text{ y } \overline{n_H} = 1.1$$

Como es evidente, Litepro es el modelo ordenado con más frecuencia. Por tanto, establecemos que $\overline{n} = 11.0$.

Ahora, aplicamos el paso 2 para evaluar la frecuencia con la cual Medpro y Heavypro se incluyen con Litepro en el pedido. Primero obtenemos

$$\overline{\overline{n_M}} = \sqrt{\frac{hC_M D_M}{2s_M}} = 7.7 \quad \text{y} \quad \overline{\overline{n_H}} = 2.4$$

A continuación, evaluamos

$$\overline{m_M} = \frac{\overline{n}}{\overline{\overline{n_M}}} = \frac{11.0}{7.7} = 1.4 \quad \text{y} \quad \overline{m_H} = 4.5$$

Después, evaluamos

$$m_M = \lceil 1.4 \rceil = 2 \quad \text{y} \quad m_H = \lceil 4.5 \rceil = 5$$

Así, Medpro se incluye en uno de cada dos pedidos y Heavypro, en uno de cada cinco pedidos (Litepro, el modelo ordenado con más regularidad, se incluye en todos los pedidos). Ahora que hemos decidido la frecuencia del pedido de cada modelo, apliquemos el paso 3 (ecuación 10.9) para recalcular la frecuencia del pedido del modelo ordenado con más frecuencia como

$$n = 11.47$$

De este modo, Litepro se ordena 11.47 veces al año. A continuación, aplicamos el paso 4 para alcanzar una frecuencia de pedido de cada producto:

$$n_L = 11.47/\text{año}, n_M = 5.74/\text{año y } n_H = 11.47/5 = 2.29 \text{ año}$$

Las políticas y los costos resultantes de ordenar los tres productos se muestran en la tabla 10-3.

El costo anual de mantener inventario que produce esta estrategia es de 65,383.5 dólares. El costo anual de ordenar está dado por

$$ns + n_L s_L + n_M s_M + n_H s_H = 65{,}383.5 \text{ dólares}$$

TABLA 10-3 Tamaños de lote y costos para la política de ordenar con el uso de heurística

	Litepro	*Medpro*	*Heavypro*
Demanda por año (D)	12,000	1,200	120
Frecuencia del pedido (n)	11.47/año	5.74/año	2.29/año
Tamaño óptimo del pedido (D/n)	1,046	209	52
Inventario de ciclo	523	104.5	26
Costo anual de mantener inventario	$52,307	$10,461	$2,615
Tiempo de flujo promedio	2.27 semanas	4.53 semanas	11.35 semanas

El costo total anual es igual a 130,767 dólares. La agregación hecha a la medida produce una reducción en el costo de 5,761 dólares (cerca de 4%) en comparación con el pedido conjunto de todos los modelos. La reducción en el costo se presenta porque no se incurre en el costo fijo de 1,000 dólares específico de cada modelo, en todos los pedidos.

A partir de los ejemplos de Best Buy, se deduce que la agregación puede generar ahorros significativos en el costo y una reducción en el inventario de ciclo de la cadena de suministro. La agregación simple de todos los productos dentro de cada pedido es muy eficaz si los costos específicos de ordenar cada producto son bajos. Sin embargo, la agregación hecha a la medida redunda en un costo incluso más bajo, ya que explota la diferencia entre los productos de volumen bajo y alto y ajusta la frecuencia de los pedidos en consecuencia. En general, la agregación completa debe utilizarse cuando los costos específicos de ordenar cada producto son reducidos y la agregación hecha a la medida, cuando éstos son elevados.

Hemos analizado los costos fijos de ordenar y su impacto en el inventario y los costos de una cadena de suministro. Lo más relevante de esta exposición es que la clave para reducir el tamaño de los lotes es enfocarse en la reducción de los costos fijos asociados con cada lote ordenado. Tales costos y los procesos que los provocan deben entenderse cabalmente para poder tomar las medidas que correspondan.

PUNTO CLAVE Una clave para reducir el inventario de ciclo es la reducción del tamaño del lote. Una clave para reducirlo sin incrementar los costos es disminuir el costo fijo relacionado con cada lote. Esto se logra al reducir el costo fijo mismo o al agregar lotes de múltiples productos, clientes o proveedores. Al hacerlo, la agregación hecha a la medida resulta mejor, en especial si los costos de ordenar productos específicos son considerables.

A continuación, tomamos en cuenta los tamaños del lote cuando el costo de material muestra economías de escala.

10.3 ECONOMÍAS DE ESCALA PARA EXPLOTAR LOS DESCUENTOS POR CANTIDAD

Existen muchos casos en los que la programación de precios presenta economías de escala cuando éstos disminuyen conforme aumenta el tamaño de los lotes. Esta forma de establecer el precio es muy común en las transacciones de empresa a empresa (B2B). El descuento se *basa en el tamaño del lote* si la programación de precios ofrece descuentos con base en la cantidad ordenada en un solo lote. El *descuento se basa en el volumen* si se apoya en la cantidad total comprada durante un cierto periodo, independientemente del número de lotes comprados en ese periodo. Dos esquemas de descuento con base en el tamaño del lote que por lo común se usan son

- Descuentos por cantidad sobre todas las unidades
- Descuentos por cantidad sobre el costo marginal unitario o tarifas multibloque

En esta sección investigamos el impacto de esos descuentos por cantidad en la cadena de suministro y respondemos las siguientes preguntas básicas en este contexto:

1. Dado un programa de precios con descuentos por cantidad, ¿cuál es la decisión de compra óptima para un comprador que pretende maximizar las utilidades? ¿Cómo afecta esta decisión a la cadena en función de tamaño de lote, inventario de ciclo y flujos de tiempo?
2. ¿En qué condiciones un proveedor debe ofrecer descuentos por cantidad? ¿Cuáles son los programas de precios adecuados que debe ofrecer un proveedor que busca maximizar las utilidades?

Iniciaremos estudiando la respuesta óptima de un minorista (comprador) ante cualquiera de los dos esquemas de descuento basados en el tamaño del lote que ofrece un fabricante (el proveedor). El objetivo del minorista es seleccionar los tamaños de lote que minimicen el costo total anual de material, de ordenar y de mantener inventario. A continuación, evaluamos el tamaño óptimo de lote en el caso de descuentos por cantidad sobre todas las unidades.

DESCUENTOS POR CANTIDAD SOBRE TODAS LAS UNIDADES

En los descuentos por cantidad sobre todas las unidades, el programa de precios incluye puntos de equilibrio específicos $q_0, q_1, \ldots, q_r$, donde $q_0 = 0$. Si un pedido colocado es al menos tan grande como q_i, pero más pequeño que q_{i+1}, cada unidad se obtiene a un costo de C_i. En general, el costo unitario disminuye conforme la cantidad ordenada se incrementa; esto es, $C_0 \geq C_1 \geq \cdots \geq C_r$. El objetivo del minorista es decidir qué tamaños de lote maximizan las utilidades o, de manera equivalente, minimizar la suma de los costos de material, ordenar y mantener inventario.

En los descuentos sobre todas las unidades, el costo unitario promedio varía de acuerdo con la cantidad ordenada, como se observa en la figura 10-3. Observe que, con este esquema de descuento, ordenar $q_1 + 1$ unidades puede ser menos costoso (en cuanto a costo de material) que ordenar $q_1 - 1$ unidades.

El procedimiento de solución evalúa el tamaño óptimo de lote para cada precio C_1 (esto obliga a que el tamaño de lote se ubique entre q_i y q_{i+1}) y, luego, establece un tamaño de lote que minimiza todo el costo. Para cada valor de $i, 0 \leq i \leq r$, evaluar lo siguiente:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2DS}{hC_i}} \tag{10.10}$$

Existen tres casos posibles para Q_i:

1. $q_i \leq Q_i < q_{i+1}$
2. $Q_i < q_i$
3. $Q_i \geq q_{i+1}$

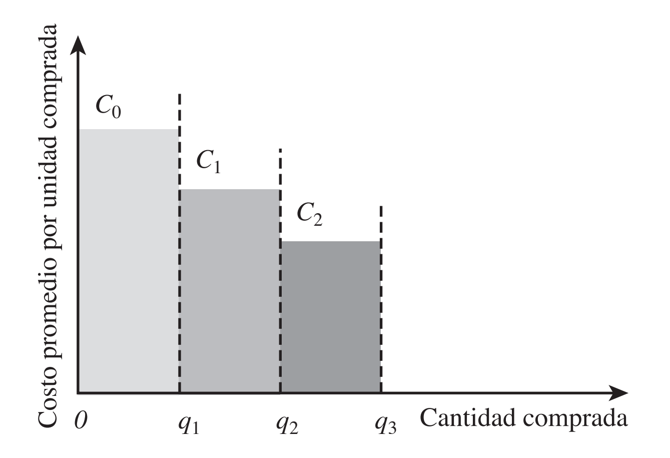


FIGURA 10-3 Costo unitario promedio con descuentos por cantidad sobre todas las unidades

El caso 3 puede ignorarse para Q_i, puesto que se considera para Q_{i+1}. Por tanto, debemos considerar sólo los dos primeros casos.

Caso 1

Si $q_i \leq Q_i < q_{i+1}$, entonces el tamaño de lote de Q_i unidades resultará en un precio descontado de C_i por unidad. En este caso, el costo total anual de ordenar Q_i (esto incluye el costo de ordenar, mantener inventario y de material) está dado como sigue:

$$\text{Costo total anual, } TC_i = \left(\frac{D}{Q_i}\right)S + \frac{Q_i}{2}hC_i + DC_i \quad \textbf{(10.11)}$$

Caso 2

Si $Q_i < q_i$, entonces el tamaño de lote de Q_i no produce un descuento. Incrementar el tamaño del lote a q_i unidades da como resultado un descuento en el precio de C_i por unidad. Ordenar más de q_i unidades incrementa los costos de ordenar y mantener inventario sin reducir el costo del material. En este caso, es aconsejable ordenar un tamaño de lote de q_i unidades para lograr un precio unitario de C_i. El costo anual se da por

$$\text{Costo total anual, } TC_i = \left(\frac{D}{q_i}\right)S + \frac{q_i}{2}hC_i + DC_i \quad \textbf{(10.12)}$$

Para cada precio C_i aplicamos el caso apropiado y evaluamos el costo total TC_i y el tamaño de lote correspondiente. La solución es ordenar el tamaño de lote que minimice el costo total anual en todos los precios del programa. Goyal (1995) ha demostrado que el procedimiento anterior puede acortarse aún más al identificar un precio limite C^* por encima del cual la solución óptima no puede ocurrir. Recuerde que C_r es el costo unitario más bajo por encima del límite de cantidad q_r. El límite se consigue de la siguiente forma:

$$C^* = \frac{1}{D}\left(DC_r + \frac{DS}{q_r} + \frac{h}{2}q_rC_r - \sqrt{2hDSC_r}\right)$$

En el ejemplo 10-7 evaluamos el tamaño óptimo del lote dado un descuento por cantidad sobre todas las unidades.

Ejemplo 10-7: **Descuento por cantidad sobre todas las unidades**

Drugs Online (DO) es un minorista en línea que surte medicamentos y suplementos para la salud. Las vitaminas representan un porcentaje considerable de las ventas. La demanda de vitaminas es de 10,000 frascos por mes. DO incurre en costos fijos de colocación de pedidos, transporte y recepción de 100 dólares cada vez que se coloca un pedido de vitaminas con el fabricante. DO incurre en un costo de mantener inventario de 20%. El precio cargado por el fabricante sigue el programa de precios de descuento sobre todas las unidades, como se muestra a continuación. Evalúe el número de frascos que el gerente de DO debe ordenar en cada lote.

Cantidad a ordenar	*Precio unitario*
0-5,000	3.00 dólares
5,000-10,000	2.96 dólares
10,000 o más	2.92 dólares

Análisis: En este caso, el gerente tiene los siguientes datos:

$q_0 = 0$, $q_1 = 5{,}000$, $q_2 = 10{,}000$
$C_0 = 3.00$ dólares, $C_1 = 2.96$ dólares, $C_2 = 2.92$ dólares
$D = 120{,}000$/año $S = 100$ dólares/lote, $h = 0.2$

Para $i = 0$, evaluamos Q_0 (empleando la ecuación 10.10) como

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2DS}{hC_0}} = 6{,}324$$

Dado que $6{,}324 > q_1 = 5{,}000$, nos desplazamos al caso $i = 1$. Para $i = 1$, usando la ecuación 10.10, tenemos $Q_1 = 6{,}367$ unidades. Ya que $5{,}000 < 6{,}367 < 10{,}000$, establecemos el tamaño del lote en $Q_1 = 6{,}367$ unidades y evaluamos el costo de ordenar 6,637 unidades utilizando la ecuación 10.11 como sigue:

$$TC_1 = \left(\frac{D}{Q_1}\right)S + \left(\frac{Q_1}{2}\right)hC_1 + DC_1 = 358{,}969 \text{ dólares}$$

Para $i = 2$, usando la ecuación 10.10, obtenemos $Q_2 = 6{,}410$ unidades. Debido a que $6{,}410 < q_2 = 10{,}000$, determinamos el tamaño del lote en $q_2 = 10{,}000$ unidades y evaluamos el costo de ordenar 10,000 unidades empleando la ecuación 10.12 como

$$TC_2 = \left(\frac{D}{q_2}\right)S + \left(\frac{q_2}{2}\right)hC_2 + DC_2 = 354{,}520 \text{ dólares}$$

Observe que el menor costo total es para $i = 2$. Así, es recomendable para DO ordenar $q_2 = 10{,}000$ frascos por lote y obtener un precio de descuento de 2.92 dólares por frasco.

Si el fabricante del ejemplo 10-7 vende todos los frascos a 3 dólares, sería provechoso para DO ordenar en lotes de 6,324 frascos. El descuento por cantidad es un incentivo para que DO ordene en lotes mayores de 10,000 frascos, incrementando tanto el inventario de ciclo como el tiempo de flujo. El impacto del descuento es aún mayor si DO trabaja para reducir su costo fijo de ordenar a $S = 4$ dólares. El tamaño óptimo del lote en ausencia de un descuento es de 1,265 frascos. En presencia de un descuento por cantidad sobre todas las unidades, el tamaño óptimo del lote continúa siendo de 10,000 frascos. En este caso, la presencia de descuentos por cantidad lleva a un incremento de ocho veces en el inventario promedio y en el tiempo de flujo en DO.

Los programas de precio con descuentos por cantidad sobre todas las unidades alientan a los minoristas a ordenar en lotes mayores para aprovechar los descuentos de precio. Esto se agrega al inventario promedio y tiempo de flujo de la cadena. Tal aumento en el inventario plantea dudas acerca del valor que los descuentos por cantidad sobre todas las unidades ofrecen a la cadena de suministro. Antes de considerar esta pregunta, analicemos los descuentos por cantidad sobre el costo marginal unitario.

DESCUENTO POR CANTIDAD SOBRE EL COSTO MARGINAL UNITARIO

Los descuentos por cantidad sobre el costo marginal unitario también se conocen como *tarifas multibloque*. En este caso, el programa de precios incluye puntos de equilibrio específicos q_0, q_1,..., q_r. No es el *costo promedio* de una unidad, sino el *costo marginal* de una unidad el que disminuye en el punto de equilibrio (en contraste con el esquema de descuento sobre todas las unidades). Si se coloca un pedido de tamaño q, las primeras unidades $q_1 - q_0$ tienen un precio de C_0, las siguientes unidades $q_2 - q_1$ tienen un precio de C_1 y así en forma sucesiva. El costo marginal por unidad varía dependiendo de la cantidad comprada, como se muestra en la figura 10-4.

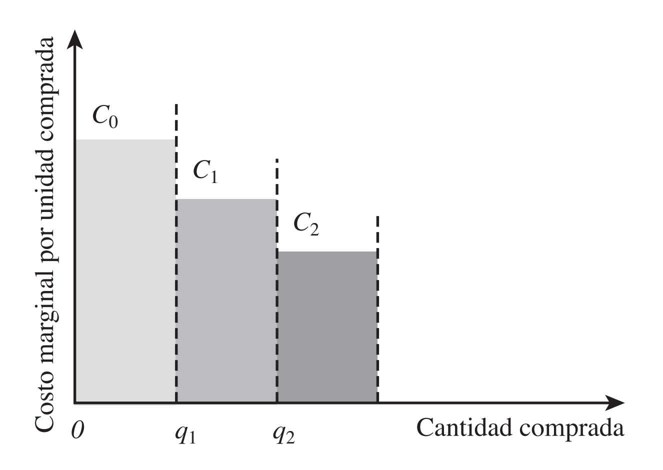


FIGURA 10-4 Costo marginal unitario con descuento por cantidad sobre el costo marginal unitario

Ante un programa de precios de este tipo, el objetivo del minorista es decidir el tamaño de lote que maximiza las utilidades o, en su defecto, minimiza los costos de material, ordenar y mantener inventario.

El procedimiento de solución evalúa el tamaño óptimo de lote para cada precio marginal C_i (esto obliga a que el tamaño de lote se ubique entre q_i y q_{i+1}) y, después, establece el tamaño de lote que minimiza el costo total.

Para cada valor de $i, 0 \leq i \leq r$, sea V_i el costo de ordenar q_i unidades. Definamos $V_0 = 0$ y V_i para $0 \leq i \leq r$ como sigue:

$$V_i = C_0(q_1 - q_0) + C_1(q_2 - q_1) + \cdots + C_{i-1}(q_i - q_{i-1}) \tag{10.13}$$

Para cada valor de $i, 0 \leq i \leq r - 1$, considere un pedido de tamaño Q en el rango de qi a q_{i+1} unidades; esto es $q_{i+1} \geq Q \geq q_i$. El costo de material de cada pedido de tamaño Q está dado por $V_i + (Q - q_i)C_i$. Los costos diversos que se relacionan con este pedido son los siguientes:

$$\text{Costo anual de ordenar} = \left(\frac{D}{Q}\right)S$$

$$\text{Costo anual de mantener inventario} = [V_i + (Q - q_i)C_i]h/2$$

$$\text{Costo anual de material} = \frac{D}{Q}[V_i + (Q - q_i)C_i]$$

El costo total anual es la suma de los tres costos y se da por

$$\text{Costo total anual} = \left(\frac{D}{Q}\right)S + [V_i + (Q - q_i)C_i]h/2 + \frac{D}{Q}[V_i + (Q - q_i)C_i]$$

El tamaño óptimo de lote para este rango de precios se obtiene al tomar la primera derivada del costo total respecto al tamaño del lote y hacerla igual a 0. Esto da como resultado un tamaño óptimo de lote para este rango de precios de

$$\text{Tamaño óptimo de lote para el precio, } C_i\text{, es } Q_i = \sqrt{\frac{2D(S + V_i - q_iC_i)}{hC_i}} \tag{10.14}$$

Note que el tamaño óptimo de lote se consigue empleando una fórmula muy parecida a la fórmula de EOQ (ecuación 10.5), excepto que la presencia del descuento por cantidad tiene el efecto de incrementar el costo fijo por pedido en $V_i - q_iC_i$ (de S a $S + V_i - q_iC_i$). Éstos son los tres casos posibles para Q_i:

1. $q_i \leq Q_i \leq q_{i+1}$
2. $Q_i < q_i$
3. $Q_i > q_{i+1}$

Caso 1

Si $q_i \leq Q_i \leq q_{i+1}$, entonces el tamaño de lote Q_i dará como resultado el precio descontado en este rango. En este caso, el tamaño óptimo de lote en este rango de precios es ordenar Q_i unidades. El costo total anual de esta política está dado por

$$TC_i = \left(\frac{D}{Q_i}\right)S + [V_i + (Q_i - q_i)C_i]h/2 + \frac{D}{Q_i}[V_i + (Q_i - q_i)C_i]$$

Casos 2 y 3

Si $Q_i < q_i$ o $Q_i > q_{i+1}$, el tamaño de lote en este rango es q_i o q_{i+1}, dependiendo de cuál tiene el costo total menor. Evaluamos el costo total anual:

$$TC_i = \text{Min}\left[\left(\frac{D}{q_i}\right)S + \frac{V_ih}{2} + \frac{D}{q_i}V_i, \frac{D}{q_{i+1}}S + \frac{V_{i+1}h}{2} + \frac{D}{q_{i+1}}V_{i+1}\right]$$

Entonces, el tamaño de lote para este rango corresponde al punto de equilibrio dado el costo total mínimo. Observe que, para cada rango, el tamaño óptimo de lote es la cantidad definida por la ecuación 10.14, si es factible, o uno de los puntos de equilibrio si no lo es.

Para cada *i*, evaluamos el tamaño óptimo de lote y el costo total. La solución es establecer el tamaño de lote que minimice el costo total anual de todos los rangos *i*.

En el ejemplo 10-8 evaluamos el tamaño óptimo de lote dado un descuento por cantidad sobre el costo marginal unitario.

Ejemplo 10-8: **Descuento por cantidad sobre el costo marginal unitario**

Regresemos a DO del ejemplo 10-7. Supongamos que el fabricante emplea el siguiente programa de precios de descuento sobre el costo marginal unitario:

Cantidad del pedido	*Precio unitario marginal*
0-5,000	3.00 dólares
5,000-10,000	2.96 dólares
Más de 10,000	2.92 dólares

Esto implica que si se coloca un pedido de 7,000 frascos, los primeras 5,000 tendrán un costo unitario de 3.00 dólares, con las restantes 2,000 a un costo unitario de 2.96 dólares. Evaluamos el número de frascos que DO debe ordenar en cada lote.

Análisis: En este caso, tenemos

$$q_0 = 0, q_1 = 5{,}000, q_2 = 10{,}000$$
$$C_0 = 3.00 \text{ dólares}, C_1 = 2.96 \text{ dólares}, C_2 = 2.92 \text{ dólares}$$
$$V_0 = 0; V_1 = 3(5{,}000 - 0) = 15{,}000 \text{ dólares}$$
$$V_2 = 3(5{,}000 - 0) + 2.96(10{,}000 - 5{,}000) = 29{,}800 \text{ dólares}$$
$$D = 120{,}000/\text{año}, S = 100 \text{ dólares/lote}, h = 0.2$$

Para $i = 0$, evaluamos Q_0 (empleando la ecuación 10.14) como se muestra:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2D(S + V_0 - q_0C_0)}{hC_0}} = 6{,}324$$

Debido a que $6{,}324 > q_1 = 5{,}000$, evaluamos el costo de ordenar lotes de $q_1 = 5{,}000$ (no consideramos lotes de 0). El costo total anual de ordenar 5,000 frascos por lote es como sigue ($Q = 5{,}000$ e $i = 1$):

$$TC_0 = \left(\frac{D}{Q}\right)S + [V_i + (Q - q_i)C_i]h/2 + \frac{D}{Q}[V_i + (Q - q_i)C_i] = 363{,}900 \text{ dólares}$$

Para $i = 1$, evaluamos Q_1 utilizando la ecuación 10.14 como sigue:

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2D(S + V_1 - q_1C_1)}{hC_1}} = 11{,}028$$

Debido a que $11{,}028 > q_2 = 10{,}000$, evaluamos el costo de ordenar lotes de $q_2 = 10{,}000$ (el costo de ordenar lotes de 5,000 ya ha sido evaluado). El costo total anual de ordenar 10,000 frascos por lote es el siguiente ($Q = 10{,}000$ e $i = 2$):

$$TC_1 = \left(\frac{D}{Q}\right)S + [V_i + (Q - q_i)C_i]h/2 + \frac{D}{Q}[V_i + (Q - q_i)C_i] = 361{,}780 \text{ dólares}$$

Puesto que 361,780 dólares $<$ 363,900 dólares, es menos costoso ordenar en lotes de 10,000 que en lotes de 5,000. Si el tamaño del lote es de 10,000 unidades o menos, conviene más ordenar 10,000 por lote. Ahora, investiguemos el costo de ordenar en lotes mayores a 10,000; esto es, $i = 2$. Para $i = 2$, evaluamos Q_2 usando la ecuación 10.14 como sigue:

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2D(S + V_2 - q_2C_2)}{hC_2}} = 16{,}961$$

El costo total anual de ordenar 16,961 frascos por lote es como sigue (Q = 16,961 e i = 2):

$$TC_2 = \left(\frac{D}{Q}\right)S + [V_i + (Q - q_i)C_i]h/2 + \frac{D}{Q}[V_i + (Q - q_i)C_i] = 360{,}365 \text{ dólares}$$

DO minimiza su costo total si ordena en lotes de 16,961 frascos. Esto es, una cantidad mucho mayor que el tamaño óptimo de lote de 6,324 en el caso donde el fabricante no ofrece algún descuento.

Si el costo fijo de ordenar es de 4 dólares, el tamaño óptimo de lote para DO es de 15,755 con el descuento, en comparación con el tamaño de lote de 1,265 sin el descuento. Este análisis demuestra que puede haber tamaños considerables de pedido y, por tanto, inventario de ciclo en ausencia de cualquier costo fijo formal de ordenar siempre que se ofrecen descuentos por cantidad. Por tanto, los descuentos por cantidad producen una acumulación considerable del inventario de ciclo en la cadena de suministro. En muchas cadenas, los descuentos por cantidad contribuyen más al inventario de ciclo que los costos fijos de ordenar. Esto nos obliga, de nuevo, a cuestionar el valor de los descuentos por cantidad en la cadena de suministro.

¿POR QUÉ DESCUENTOS POR CANTIDAD?

En esta sección desarrollamos los argumentos que apoyan la presencia de descuentos por cantidad en una cadena de suministro. Los descuentos por cantidad son valiosos en la cadena por las siguientes dos razones:

1. Mejor coordinación para incrementar las utilidades totales de la cadena de suministro.
2. Extracción de un excedente por medio de la discriminación de precios.

Coordinación para incrementar las utilidades totales de la cadena de suministro

Una cadena de suministro está *coordinada* si las decisiones del minorista y del proveedor maximizan las utilidades totales de la misma. En realidad, cada etapa de la cadena puede tener un propietario por separado e intentar maximizar sus propias utilidades. El resultado de esta toma de decisiones independiente puede ser la falta de coordinación en la cadena, ya que las acciones que maximizan las utilidades del minorista pueden no maximizar las de la cadena. En esta sección estudiamos cómo el fabricante puede emplear los descuentos por cantidad de manera apropiada para asegurar que las utilidades de toda la cadena se maximicen incluso si el minorista está actuando para maximizar las suyas propias.

Descuentos por cantidad para materias primas (commodities). Los economistas sostienen que para las materias primas (commodities) como la leche, existe un mercado competitivo que hace bajar los costos hasta el costo marginal de los productos. En este caso, el mercado establece el precio y el objetivo de la empresa es disminuirlos. Consideremos, por ejemplo, el minorista en línea DO analizado previamente. Se puede decir que vende un producto básico (commodity). Cuando se colocan los pedidos con el fabricante, DO toma sus decisiones sobre el tamaño del lote con base en los costos que enfrenta.

La demanda de vitaminas es de 10,000 frascos al mes. DO incurre en un costo fijo de colocación del pedido, transporte y recepción de 100 dólares cada vez que surte un pedido de vitaminas con el fabricante. Además, incurre en un costo de mantener inventario de 20%. El fabricante cobra 3 dólares por cada frasco de vitaminas comprado. Empleando la fórmula de EOQ (ecuación 10.5), DO evalúa el tamaño óptimo de lote para que sea Q = 6,324 frascos. Como resultado, los costos anuales de ordenar y mantener inventario en los que incurre DO son de 3,795 dólares.

Cada vez que DO coloca un pedido, el fabricante debe procesarlo, empacarlo y enviarlo. Tiene una línea de envasado de frascos a una tasa constante que iguala la demanda. Asimismo, incurre en un costo fijo de 250 dólares por surtir el pedido, un costo de producción de 2 dólares

por frasco y un costo de mantener inventario de 20%. Dado que DO ordena en lotes de tamaño de 6,324 frascos, los costos anuales de ordenar y mantener inventario para el fabricante son los siguientes:

$$\text{Costo anual de ordenar del fabricante} = (120{,}000/6{,}324) \times 250 = 4{,}744 \text{ dólares}$$

$$\text{Costo anual de mantener inventario del fabricante} = (6{,}324/2) \times 2 \times 0.2 = 1{,}265 \text{ dólares}$$

$$\text{Costos totales de ordenar y mantener del fabricante} = 6{,}009 \text{ dólares}$$

El fabricante incurre en un costo anual de 6,009 dólares como resultado de que DO ordene en lotes de 6,324. El costo total, a lo largo de la cadena de suministro, como consecuencia de que DO ordene en lotes de 6,324 es, por tanto, de 6,009 dólares + 3,795 dólares = 9,804 dólares.

Si se puede convencer a DO de ordenar en lotes de 9,165 unidades, el costo total en la cadena diminuye a 9,165 dólares. Así, existe una oportunidad de que la cadena ahorre 638 dólares. Observemos que ordenar en lotes de 9,165 frascos incrementa el costo para DO en 238 dólares por año a 4,059 dólares (aun cuando reduce los costos totales de la cadena). En contraste, los costos del fabricante disminuyen de 902 dólares a 5,106 dólares por año. El fabricante debe ofrecer a DO un incentivo adecuado para que DO aumente el tamaño de sus lotes.

Un descuento por cantidad basado en el tamaño del lote es un incentivo apropiado en este caso. Si el fabricante pusiera precio a las vitaminas de manera que cada frasco costara 3 dólares en todos los pedidos con tamaños de lote menores de 9,165 y 2.9978 dólares en todos los pedidos con lotes de 9,165 o más, DO tiene el incentivo de ordenar en lotes de 9,165 frascos. El descuento por cantidad reduce el costo de material para DO sólo lo suficiente para compensar el incremento en el costo de ordenar y mantener inventario. El fabricante devuelve 264 dólares a DO como reducción en el costo de material (en la forma de descuento por cantidad) para que le sea conveniente a DO ordenar en lotes de 9,165 frascos. Las utilidades del fabricante y de toda la cadena se incrementan en 638 dólares en este caso. En la práctica, es posible que el fabricante tenga que compartir parte de los 638 dólares con DO. La división precisa del incremento en las utilidades de la cadena de suministro depende del poder de negociación relativo de las diferentes etapas en la cadena de suministro.

Notemos que, en este caso, ofrecer un descuento con base en el tamaño del lote disminuye el costo total de la cadena. Sin embargo, esto incrementa el tamaño del lote que compra el minorista y, por tanto, aumenta el inventario de ciclo en la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE Para productos de consumo cuyo precio se establece en el mercado, los fabricantes que tienen grandes costos fijos por lote pueden utilizar los descuentos por cantidad con base en el tamaño del lote para maximizar las utilidades totales de la cadena. No obstante, los descuentos basados en el tamaño del lote aumentan el inventario de ciclo en la cadena de suministro.

Nuestro análisis acerca de la coordinación de productos de consumo resalta el importante vínculo entre el descuento por cantidad con base en el tamaño del lote ofrecido y los costos de ordenar incurridos por el fabricante. Conforme el fabricante trabaja para disminuir el costo de ordenar o de preparación, el descuento que ofrece a los minoristas debe cambiar. Para un costo suficientemente bajo de preparación o de ordenar, el fabricante obtiene muy poco al utilizar un descuento por cantidad con base en el tamaño del lote. En el ejemplo de DO, si el fabricante disminuye su costo fijo por pedido de 250 dólares a 100 dólares, los costos totales de la cadena se acercarán al mínimo sin descuentos por cantidad, incluso si DO trata de minimizar su costo. De este modo, si sus costos fijos de ordenar disminuyen a 100 dólares, al fabricante le conviene eliminar los descuentos por cantidad. A pesar de ello, en la mayoría de las compañías, marketing y ventas diseñan los descuentos por cantidad mientras que operaciones trabaja en reducir el costo de preparación o de ordenar. Como resultado, los cambios de precio no siempre se producen en respuesta a una reducción en el costo de preparación en la manufactura. Es muy importante que las dos funciones coordinen estas actividades.

Descuentos por cantidad para productos en los que la compañía tiene poder de mercado. Ahora, consideremos el escenario en el cual el fabricante inventó una nueva píldora de vitaminas, vitaherb, que se deriva de ingredientes herbales y posee otras propiedades altamente valiosas en el mercado. Pocos competidores cuentan con un producto similar, de manera que puede decirse que el precio al que DO vende vitaherb influye en la demanda. Supongamos que la demanda anual que enfrenta DO está dada por la curva de demanda 360,000 − 60,000p donde p es el precio al cual DO vende vitaherb. El fabricante incurre en un costo de producción de $C_S = 2$ dólares por frasco de vitaherb vendido. Además, debe decidir sobre el precio que va a cobrar a DO y éste, a su vez, debe establecer el precio que cobrará al cliente. Cuando los dos toman sus decisiones en forma independiente, es recomendable para DO cobrar un precio de $p = 5$ dólares por frasco y para el fabricante cobrar a DO un precio de $C_R =$ 4 dólares por frasco. La demanda total del mercado en este caso es de $360{,}000 - 60{,}000p =$ 60,000 frascos de vitaherb. Como resultado de esta política, la utilidad de DO se da por

$$Uti_R = p(360{,}000 - 60{,}000p) - (360{,}000 - 60{,}000p)C_R = 60{,}000 \text{ dólares}$$

La utilidad en el fabricante está dada por

$$Uti_M = C_R(180{,}000 - 30{,}000C_R) - C_S(180{,}000 - 30{,}000C_R) = 120{,}000 \text{ dólares}$$

Si las dos etapas coordinan el precio y DO fija el precio en $p = 4$ dólares, la demanda del mercado es de 120,000 frascos. La utilidad total de la cadena, si las dos etapas se coordinan, es de 120,000 × ($4 − $2) = $240,000. Como consecuencia de que cada etapa establece su precio de manera independiente, la cadena de suministro pierde 60,000 dólares en utilidades. Este fenómeno recibe el nombre de *marginalización doble*. La marginalización doble lleva a una perdida en las utilidades, ya que el margen de la cadena se divide entre dos etapas, pero cada una toma su decisión considerando sólo su margen local.

> **PUNTO CLAVE** La utilidad de la cadena es más baja si cada etapa de la cadena de suministro toma sus decisiones sobre el precio de manera independiente, con el objetivo de maximizar su propia utilidad. Una solución coordinada da como resultado una utilidad más alta.

El fabricante puede emplear dos esquemas de establecimiento de precios para conseguir la solución coordinada y maximizar las utilidades de la cadena aun cuando DO actúe de una forma que maximiza su propia utilidad.

1. ***Tarifa de ambas partes:*** En este caso, el fabricante cobra toda su utilidad como una cuota de franquicia por adelantado y, luego, vende al minorista al costo. Por tanto, es recomendable para el minorista ponerle precio como si las dos etapas estuvieran coordinadas. En el caso de DO, recuerde que la utilidad total de la cadena de suministro cuando las dos etapas están coordinadas es de 240,000 dólares con DO cobrando al cliente 4 dólares por frasco de vitaherb. La utilidad de DO cuando las dos etapas no están coordinadas es de 60,000 dólares. Una opción disponible para el fabricante es presentar una tarifa de ambas partes por medio de la cual se le cobra a DO una cuota de 180,000 dólares y el costo de material de $C_R = 2$ dólares por frasco. DO maximiza su utilidad si le pone un precio a las vitaminas de $p = 4$ dólares por frasco. Tiene ventas anuales de $360{,}000 - 60{,}000p = 120{,}000$ y utilidades de 60,000 dólares. El fabricante obtiene una utilidad de 180,000 dólares dado su costo de material de 2 dólares por frasco.

2. ***Descuento por cantidad con base en el volumen:*** Observe que la tarifa de ambas partes constituye un descuento por cantidad con base en el volumen. El costo promedio de material para DO desciende conforme se incrementa la cantidad que compra por año. Esta observación puede hacerse explícita al diseñar un esquema de descuento con base en el volumen que también logre la coordinación. El objetivo aquí es fijar el precio de tal manera que el minorista compre el volumen total vendido cuando las dos etapas coordinan el precio. En el caso de DO, recuerde que 120,000 frascos se venden por año cuando se encuentra coordinada la cadena.

El fabricante debe ofrecer a DO un descuento por volumen para alentar a DO a comprar esa cantidad. Así, el fabricante ofrece un precio de $C_R = 4$ dólares por frasco si la cantidad que DO adquiere por año es menor a 120,000. Si el volumen total en el año es de 120,000 o más alto, DO debe pagar sólo $C_R = 3.50$ dólares. Por tanto, es conveniente para DO ordenar 120,000 unidades y determinar un precio de $p = 4$ dólares por frasco para los clientes. La utilidad total alcanzada por DO es de $(360{,}000 - 60{,}000 \times p) \times (p - C_R) = 60{,}000$ dólares. La utilidad total obtenida por el fabricante es de $120{,}000 \times (C_R - 2$ dólares$) = 180{,}000$ dólares. La utilidad total de la cadena de suministro es de 240,000 dólares.

PUNTO CLAVE Para productos en los cuales la compañía tiene poder de mercado, las tarifas de ambas partes o los descuentos por cantidad con base en el volumen pueden emplearse para lograr la coordinación en la cadena de suministro y maximizar las utilidades de la misma.

En esta etapa, hemos visto que, incluso en ausencia de costos relacionados con el inventario, los descuentos por cantidad desempeñan un papel en la coordinación de la cadena de suministro y en el mejoramiento de las utilidades de la cadena. Sin embargo, los esquemas de descuento que son óptimos se basan en el volumen y no en el tamaño del lote. En nuestro análisis no suponemos costos relacionados con el inventario, de modo que podría pensarse que, en presencia de costos de inventario, los descuentos con base en el tamaño del lote pueden ser óptimos. Sin embargo, se puede demostrar que, incluso en presencia de costos de inventario (de ordenar y mantener inventario), una tarifa de ambas partes o un descuento con base en el volumen, con el fabricante trasladando algunos de los costos fijos al minorista, coordina en forma conveniente la cadena de suministro y maximiza las utilidades dada la suposición de que la demanda del cliente disminuye cuando el minorista incrementa el precio.

PUNTO CLAVE Para productos en los que la compañía tiene poder de mercado, los descuentos con base en el tamaño del lote no son aconsejables para la cadena, aun en presencia de costos de inventario. En tal caso, se requiere una tarifa de ambas partes o un descuento con base en el volumen, con el proveedor transfiriendo algunos de sus costos fijos al minorista, para que la cadena sea coordinada y maximizar las ganancias.

Una distinción esencial entre los descuentos con base en el tamaño del lote y por volumen es que los primeros se basan en la cantidad comprada por lote, no en la tasa de compra. Por el contrario, los descuentos por volumen se basan en la tasa de compra o el volumen comprado en promedio durante un periodo específico (digamos, un mes, un trimestre o un año). Los descuentos con base en el tamaño de lote tienden a elevar el inventario de ciclo en la cadena al alentar a los minoristas a aumentar el tamaño de cada lote. En cambio, los descuentos con base en el volumen son compatibles con los lotes pequeños que reducen el inventario de ciclo. Los descuentos con base en el tamaño del lote sólo convienen cuando el fabricante incurre en un costo fijo alto por pedido. En todos los demás casos, es mejor tener descuentos con base en el volumen.

Incluso, se podría señalar que, con los descuentos con base en el volumen, los minoristas tenderán a incrementar el tamaño del lote hacia el final del periodo de evaluación. Por ejemplo, el fabricante ofrece a DO 2% de descuento si el número de frascos de vitaherb comprados durante un trimestre excede de 40,000. Esta política no afectará el tamaño de los lotes que DO ordena al principio durante el trimestre y DO ordenará en pequeños lotes para igualar la cantidad ordenada con la demanda. Sin embargo, consideremos una situación en la cual DO ha vendido sólo 30,000 frascos una semana antes del final del trimestre. Para conseguir el descuento por cantidad, DO debe ordenar 10,000 frascos durante la última semana, aunque espere vender sólo 3,000. En este caso, el inventario de ciclo en la cadena aumenta a pesar del hecho de que no existe un descuento por cantidad con base en el tamaño del lote. Al caso en el que los pedidos

se incrementan hacia el final del horizonte financiero se le conoce como el *fenómeno del bastón de hockey* ya que la demanda aumenta en forma drástica hacia el final del periodo, de manera similar a como el bastón de hockey se dobla hacia arriba al final del palo. Se ha observado en muchas industrias. Una posible solución a este fenómeno es fundar los descuentos en el volumen sobre un horizonte que se actualiza periódicamente. Por ejemplo, cada semana el fabricante puede ofrecer a DO un descuento por volumen con base en las ventas de las últimas 12 semanas. Dicho horizonte inhibe el fenómeno del bastón de hockey porque hace que cada semana sea la última de un horizonte de 12 semanas.

Hasta aquí, sólo hemos estudiado el escenario en el que la cadena tiene un solo minorista. Uno podría preguntarse si nuestro conocimiento es suficiente y también aplica si la cadena tiene muchos minoristas, cada uno con diferentes curvas de demanda, todas aprovisionadas por un solo fabricante. Como uno esperaría, la forma del esquema de descuento a ofrecer se vuelve más complicada en esas situaciones (en general, en lugar de tener sólo un punto de equilibrio en el cual se ofrece el descuento con base en el volumen, existen muchos puntos de equilibrio). No obstante, la forma básica del esquema óptimo de precios no cambia. El descuento óptimo continúa basándose en el volumen, con un precio promedio cobrado a los minoristas que disminuye conforme la tasa de compra (volumen comprado por unidad de tiempo) se incrementa.

Discriminación de precios para maximizar las utilidades del proveedor

La *discriminación de precios* es una práctica donde la compañía cobra precios diferenciales para maximizar las utilidades. Un ejemplo de esto se da en las aerolíneas: los pasajeros que viajan en el mismo avión pagan distintos precios por sus asientos.

Como se analiza en el capítulo 15, establecer un precio fijo para todas las unidades no maximiza las utilidades del fabricante. En principio, el fabricante puede obtener toda el área bajo la curva de la demanda por encima de su costo marginal al ponerle precio de modo diferente a cada unidad con base en la evaluación marginal de los clientes en cada cantidad. Los descuentos por cantidad son uno de los mecanismos de la discriminación de precios ya que los clientes pagan diferentes precios con base en la cantidad adquirida.

PUNTO CLAVE La discriminación de precios para maximizar las utilidades del fabricante puede ser también una razón para otorgar descuentos por cantidad dentro de la cadena de suministro.

A continuación se analizarán las promociones comerciales y su efecto en los tamaños de lote y el inventario de ciclo en la cadena de suministro.

10.4 DESCUENTOS A CORTO PLAZO: PROMOCIONES COMERCIALES

Los fabricantes utilizan *promociones comerciales* para ofrecer un precio de descuento y un periodo durante el cual el descuento es efectivo. Por ejemplo, el fabricante de sopa enlatada puede ofrecer un descuento de 10% sobre el precio para el periodo de embarque del 15 de diciembre al 25 de enero. Para todas las compras dentro del horizonte de tiempo especificado, los minoristas consiguen 10% de descuento. En algunos casos, el fabricante puede requerir acciones específicas del minorista, como exhibidores, publicidad, promoción, entre otras, para tener derecho a disfrutar de la promoción comercial. Las promociones comerciales son comunes en la industria de bienes de consumo empacados, con fabricantes que promocionan diversos productos en distintos momentos del año.

La meta de las promociones comerciales es influir en los minoristas para que actúen de manera que ayude al fabricante a lograr sus objetivos. Unas pocas metas clave (desde la perspectiva del fabricante) de la promoción comercial son las siguientes:[1]

1. Inducir a los minoristas a utilizar los descuentos de precio, exhibidores o publicidad para estimular las ventas.
2. Transferir el inventario del fabricante al minorista y, finalmente, al cliente.
3. Defender una marca contra la competencia.

Aunque éstos pueden ser los objetivos del fabricante, no siempre se logran como resultado de una promoción comercial. Nuestro objetivo en esta sección es investigar el impacto de la promoción comercial sobre el comportamiento del minorista y el desempeño de toda la cadena. La clave para comprender este impacto es enfocarse en cómo el minorista reacciona a las promociones comerciales que ofrece el fabricante. En respuesta a la promoción comercial, el minorista tiene las siguientes opciones:

1. Trasladar algunas o todas las promociones a los clientes para estimular las ventas.
2. Trasladar muy pocas de las promociones a los clientes, pero comprar en gran cantidad durante el periodo de promoción para explotar la reducción temporal del precio.

La primera acción disminuye el precio del producto para el cliente final, lo que lleva al incremento de las compras y, por tanto, al aumento en las ventas para toda la cadena. La segunda, no incrementa las compras por parte del cliente, pero sí la cantidad de inventario mantenido en el minorista. Como resultado, el inventario de ciclo y el tiempo de flujo dentro de la cadena aumentan.

Una *compra adelantada* ocurre cuando el minorista compra en el periodo promocional para vender los productos en periodos futuros. También contribuye a reducir el costo futuro de los bienes en que incurre el minorista respecto al producto vendido después de que termina la promoción. Aunque con frecuencia la compra adelantada es la respuesta adecuada del minorista a una promoción de precio, por lo regular incrementa la variabilidad de la demanda con un incremento en el inventario y en el tiempo de flujo dentro de la cadena y puede disminuir las utilidades de la misma.

Nuestro propósito en esta sección es hallar la respuesta óptima cuando uno se enfrenta con la promoción comercial. Identificamos los factores que afectan la compra adelantada y cuantificamos el tamaño de una compra adelantada por parte del minorista. Además, identificamos los factores que influyen en la cantidad de promoción que el minorista transfiere al cliente.

Primero, ilustremos el impacto de la promoción comercial en el comportamiento de compra adelantada de un minorista. Consideremos al supermercado Cub Foods que vende sopa de pollo con tallarines fabricada por Campbell Soup Company. La demanda del cliente de la sopa es de D latas por año. El precio que cobra Campbell es $\$C$ por lata. Cub Foods incurre en un costo de mantener inventario de h (por dólar de inventario mantenido por año). Empleando la fórmula de EOQ (ecuación 10.5), Cub Foods ordena normalmente en los tamaños de lote siguientes:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{hC}}$$

Campbell anuncia que está ofreciendo un descuento de $\$d$ por lata para el siguiente periodo de cuatro semanas. Cub Foods debe decidir cuánto ordenar al precio de descuento para un tamaño de lote de Q^* que habitualmente ordena. Siendo Q^d el tamaño del lote ordenado a un precio de descuento.

Los costos que el minorista debe considerar al tomar esta decisión son el costo de material, el costo de mantener inventario y el costo de ordenar. Incrementar el tamaño del lote Q^d disminuye el costo de material para Cub Foods ya que compra más latas (para venta ahora y en el futuro) a un precio de descuento. Aumentar el tamaño del lote Q^d incrementa el costo de mantener inventario, ya que los inventarios se incrementan. Incrementar el tamaño del lote Q^d

[1] Para más detalles, véase Blattberg y Neslin (1990).

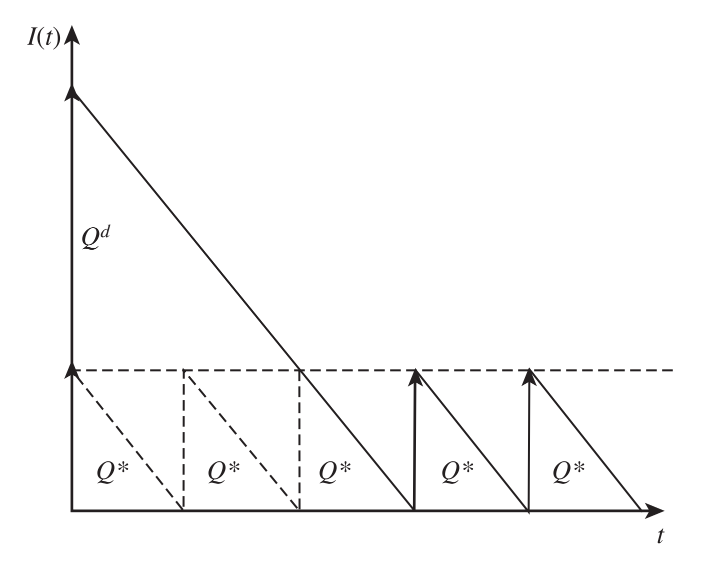


FIGURA 10-5
Perfil del inventario para compra adelantada

disminuye el costo de ordenar para Cub Foods ya que algunos pedidos que de otra manera hubieran sido colocados ahora ya no son necesarios. La meta de Cub Foods es establecer un equilibrio que minimice el costo total.

El patrón del inventario cuando el tamaño de lote Q^d es seguido por tamaños de lote Q^* se muestra en la figura 10-5. El objetivo es identificar el Q^d que minimiza el costo total (costo de material + costo de ordenar + costo de mantener inventario) en el intervalo de tiempo durante el cual la cantidad Q^d (ordenada durante el periodo de promoción) es consumida.

El análisis preciso en este caso es complejo, por lo que presentamos un resultado que se sostiene con algunas restricciones.[2] La primera suposición clave es que el descuento es ofrecido una vez, sin descuentos futuros. La segunda, es que el minorista no toma acción (como transferir parte de la promoción comercial) para influir en la demanda del cliente, por lo que permanece sin cambio. El tercer supuesto es que analizamos un periodo durante el que la demanda es un múltiple entero de Q^*. Con estas suposiciones, la cantidad óptima de pedido a un precio de descuento está dada por

$$Q^d = \frac{dD}{(C - d)h} + \frac{CQ^*}{C - d} \qquad \textbf{(10.15)}$$

En la práctica, los minoristas con frecuencia están conscientes del momento de la siguiente promoción. Si la demanda hasta la siguiente promoción comercial prevista es de Q_1, es recomendable que el minorista ordene *min* $\{Q^d, Q_1\}$. Observe que la cantidad Q^d ordenada como resultado de la promoción es más grande que la cantidad de pedido normal Q^*. En este caso, la compra adelantada se da por

$$\text{Compra adelantada} = Q^d - Q^*$$

Incluso para descuentos relativamente pequeños, el tamaño del pedido se incrementa en una gran cantidad, como se ilustra en el ejemplo 10-9.

Ejemplo 10-9: **Impacto de las promociones comerciales en los tamaños de lote**

DO es un minorista que vende vitaherb, un popular suplemento dietético vitamínico. La demanda de vitaherb es de 120,000 frascos por año. El fabricante cobra en la actualidad 3 dólares por cada frasco y DO incurre en un costo de mantener inventario de 20%. DO, además, ordena en lotes de $Q^* = 6{,}324$ frascos. El fabricante ha ofrecido un descuento de 0.15 dólares sobre todos los frascos comprados por los minoristas durante el siguiente mes. ¿Cuántos frascos de vitaherb debe ordenar DO dada la promoción?

[2] Para un análisis más detallado, véase Silver, Pyke y Petersen (1998).

Análisis: En ausencia de cualquier promoción, DO ordena en tamaños de lote $Q^* = 6{,}324$ frascos. Dada la demanda mensual de 10,000 frascos, DO ordena por lo común cada 0.6324 meses. En ausencia de la promoción comercial tenemos lo siguiente:

$$\text{Inventario de ciclo en DO} = Q^*/2 = 6{,}324/2 = 3{,}162 \text{ frascos}$$
$$\text{Tiempo de flujo promedio} = Q^*/2R = 6{,}324/(2R) = 0.3162 \text{ meses}$$

El tamaño de lote óptimo durante la promoción se obtiene utilizando la ecuación 10.15 y está dado por

$$Q^d = \frac{dR}{(C-d)h} + \frac{CQ^*}{C-d} = \frac{0.15 \times 120{,}000}{(3.00 - 0.15) \times 0.20} + \frac{3 \times 6{,}324}{3.00 - 0.15} = 38{,}236$$

Durante la promoción, DO debe colocar un pedido para un tamaño de lote de 38,236. En otras palabras, DO coloca un pedido por cada 3.8236 meses de demanda. En presencia de la promoción comercial tenemos

$$\text{Inventario de ciclo en DO} = Q^d/2 = 38{,}236/2 = 19{,}118 \text{ frascos}$$
$$\text{Tiempo de flujo promedio} = Q^*/2R = 38{,}236/(2R) = 1.9118 \text{ meses}$$

En este caso, la compra adelantada se da por

$$\text{Compra adelantada} = Q^d - Q^* = 38{,}236 - 6{,}324 = 31{,}912 \text{ frascos}$$

Como resultado de esta compra adelantada, DO no colocará ningún pedido en los siguientes 3.8236 meses (sin una compra adelantada, DO habría colocado 31,912/6,324 = 5.05 pedidos de 6,324 frascos cada uno durante este periodo). Observe que 5% de descuento causa que el tamaño del lote se incremente en más de 500%.

Como ilustra este ejemplo, la compra adelantada como consecuencia de las promociones comerciales conduce a un incremento significativo en la cantidad ordenada por el minorista. El pedido grande es seguido, entonces, por un periodo de pedidos pequeños para compensar el inventario acumulado con el minorista. La fluctuación en los pedidos como secuela de las promociones comerciales es uno de los principales factores que contribuyen al efecto látigo que se analiza en el capítulo 17. El minorista puede justificar la compra adelantada durante una promoción comercial porque ésta disminuye el costo total. En contraste, el fabricante puede justificar esta acción sólo si ha acumulado sin querer un exceso de inventario o la compra adelantada le permite atenuar la demanda al moverla de los periodos de demanda alta a baja. En la práctica, los fabricantes a menudo acumulan inventario en previsión de las promociones planeadas. Durante la promoción comercial, este inventario se mueve al minorista, principalmente como compra adelantada. Si la compra adelantada durante las promociones comerciales representa una fracción considerable de las ventas totales, los fabricantes terminan reduciendo los ingresos que obtienen de las ventas, ya que la mayor parte del producto se vende con descuento. El incremento del inventario y la disminución de los ingresos casi siempre conducen a una reducción en las utilidades totales del fabricante y de la cadena de suministro como resultado de las promociones comerciales.[3]

PUNTO CLAVE Las promociones comerciales llevan a un incremento significativo en el tamaño de lote y el inventario de ciclo debido a la compra adelantada por parte del minorista. Esto tiene como consecuencia que se reduzcan las utilidades de la cadena, a no ser que la promoción comercial disminuya las fluctuaciones de la demanda.

Consideremos ahora el grado hasta el cual el minorista puede encontrar conveniente transferir parte del descuento al cliente final con el propósito de estimular las ventas. Como se expone en el ejemplo 10-10, no es aconsejable para el minorista transferir todo el descuento al cliente. En otras palabras, al minorista le conviene reservarse parte de la promoción y transmitir sólo algo de ella al cliente.

[3] Para más detalles, véase Blattberg y Neslin (1990).

Ejemplo 10-10 Suponga que DO enfrenta una curva de demanda para vitaherb de 300,000 − 60,000p. El precio normal que cobra el fabricante al minorista es $C_R = 3$ dólares por frasco. Pasando por alto todos los costos relacionados con el inventario, evaluar la respuesta óptima de DO a un descuento de 0.15 dólares por unidad.

Análisis: Las utilidades para DO, el minorista, son las siguientes:

$$Uti_R = (300{,}000 - 60{,}000p)p - (300{,}000 - 60{,}000p)C_R$$

El precio óptimo para maximizar las utilidades del minorista se logra al establecer la primera derivada de las utilidades respecto a p igual a 0. Esto implica que

$$300{,}000 - 120{,}000p + 60{,}000C_R = 0$$

o

$$p = (300{,}000 + 60{,}000C_R)/120{,}000 \quad \textbf{(10.16)}$$

Sustituyendo $C_R = 3$ dólares en la ecuación 10.16, obtenemos un precio al detalle de $p = 4$ dólares. Como resultado, la demanda del cliente con el minorista en ausencia de promoción es

$$D_R = 300{,}000 - 60{,}000p = 60{,}000$$

Durante la promoción, el fabricante otorga un descuento de 0.15 dólares, lo que causa un precio para el minorista de $C_R = 2.85$ dólares. Sustituyendo en la ecuación 10.16, el precio óptimo establecido para DO es

$$p = (300{,}000 + 60{,}000 \times 2.85)/120{,}000 = 3.925$$

Observe que la respuesta óptima del minorista es transferir sólo 0.075 dólares de los 0.15 dólares de descuento al cliente, no todo. Al precio de descuento, DO experimenta una demanda de

$$D_R = 300{,}000 - 60{,}000p = 64{,}500$$

Esto representa un incremento de 7.5% en la demanda. En este caso, es recomendable para DO pasar la mitad del descuento de la promoción comercial a los clientes. Esta acción trae como consecuencia un incremento de 7.5% en la demanda del cliente.

De los ejemplos 10-9 y 10-10, observamos que el aumento en la demanda del cliente que resulta de la promoción comercial (7.5% de la demanda del ejemplo 10-10) es insignificante en relación con el incremento en la compra por parte del minorista debido a la compra adelantada (500%, del ejemplo 10-9). El impacto del incremento en la demanda del cliente puede disminuirse aún más por el comportamiento del cliente. Para muchos productos, como el detergente y la pasta de dientes, la mayor parte del aumento en las compras del cliente es una compra adelantada por parte del mismo; no es muy probable que los clientes comiencen a cepillarse los dientes con más frecuencia sólo porque han comprado mucha pasta de dientes; para tales productos, en realidad una promoción comercial no aumenta la demanda.

PUNTO CLAVE Es recomendable que los minoristas transfieran sólo una fracción del descuento al cliente, cuando se enfrentan con un descuento a corto plazo, manteniendo el resto para ellos mismos. De manera semejante, es aconsejable para los minoristas incrementar el tamaño del lote de compra y la compra adelantada para periodos futuros. Por tanto, con frecuencia las promociones comerciales llevan a un aumento en el inventario de ciclo de la cadena de suministro sin un incremento significativo en la demanda del cliente.

Los fabricantes siempre han luchado con el hecho de que los minoristas pasan al cliente sólo una pequeña fracción del descuento comercial. Casi un cuarto de todos los inventarios del distribuidor de una cadena de comestibles en 1990 podía ser atribuido a la compra adelantada.[4]

[4] Véase Kurt Salmon Associates (1993).

Nuestro análisis anterior respalda la afirmación de que, en general, las promociones incrementan el inventario de ciclo en la cadena de suministro y vulneran su desempeño. Este hecho ha llevado a muchas compañías, incluyendo al más grande minorista del mundo, Wal-Mart, y a varios fabricantes como Procter & Gamble, a optar por ofrecer "Precios bajos todos los días" (EDLP, por sus siglas en inglés). Aquí, el precio es fijo a través del tiempo y no se ofrecen descuentos a corto plazo. Esto elimina cualquier incentivo para la compra adelantada. Como resultado, todas las etapas de la cadena compran en cantidades que coinciden con la demanda.

En general, el descuento que el minorista transfiere al cliente se ve influido por la elasticidad de la transacción del minorista, que es el incremento en las ventas al detalle por unidad de descuento en el precio. Mientras más grande sea la elasticidad, más probable será que el minorista transfiera una mayor parte del descuento al consumidor. De este modo, las promociones comerciales del fabricante tienen sentido para los productos con una alta elasticidad de transacción que asegura una alta transferencia del minorista y altos costos de mantener en inventario que garantizan un bajo nivel de compra adelantada. Blattberg y Neslin (1990) identifican los artículos de papel como productos que tienen altos niveles de elasticidad de transacción y de costos de mantener en inventario. Asimismo, reconocen que las promociones comerciales son más eficaces con marcas fuertes en comparación con marcas débiles.

Las promociones comerciales también se justifican como respuesta competitiva. En una categoría como la de los refrescos de cola, algunos clientes son leales a su marca mientras que otros dependen de la marca que se ofrece al menor precio. Considere una situación en la que uno de los competidores, digamos Pepsi, ofrece a los minoristas una promoción comercial. Los minoristas incrementan sus compras de Pepsi y pasan algo del descuento al cliente. Los clientes sensibles al precio aumentan su compra de Pepsi. Si un competidor como Coca-Cola no responde, pierde parte de su participación de mercado en la forma de clientes sensibles al precio. Se puede argumentar que una promoción comercial se justifica en una situación de este tipo como respuesta competitiva. Observe que cuando ambos competidores ofrecen promociones comerciales, no existe un incremento real en la demanda para ninguno de ellos, a menos que aumente el consumo de los clientes. Sin embargo, el inventario en la cadena de suministro se acrecienta para ambas marcas. Ésta es, pues, una situación en la que las promociones comerciales son una necesidad competitiva, pero incrementan el inventario de la cadena y provocan una disminución de las utilidades de todos los competidores.

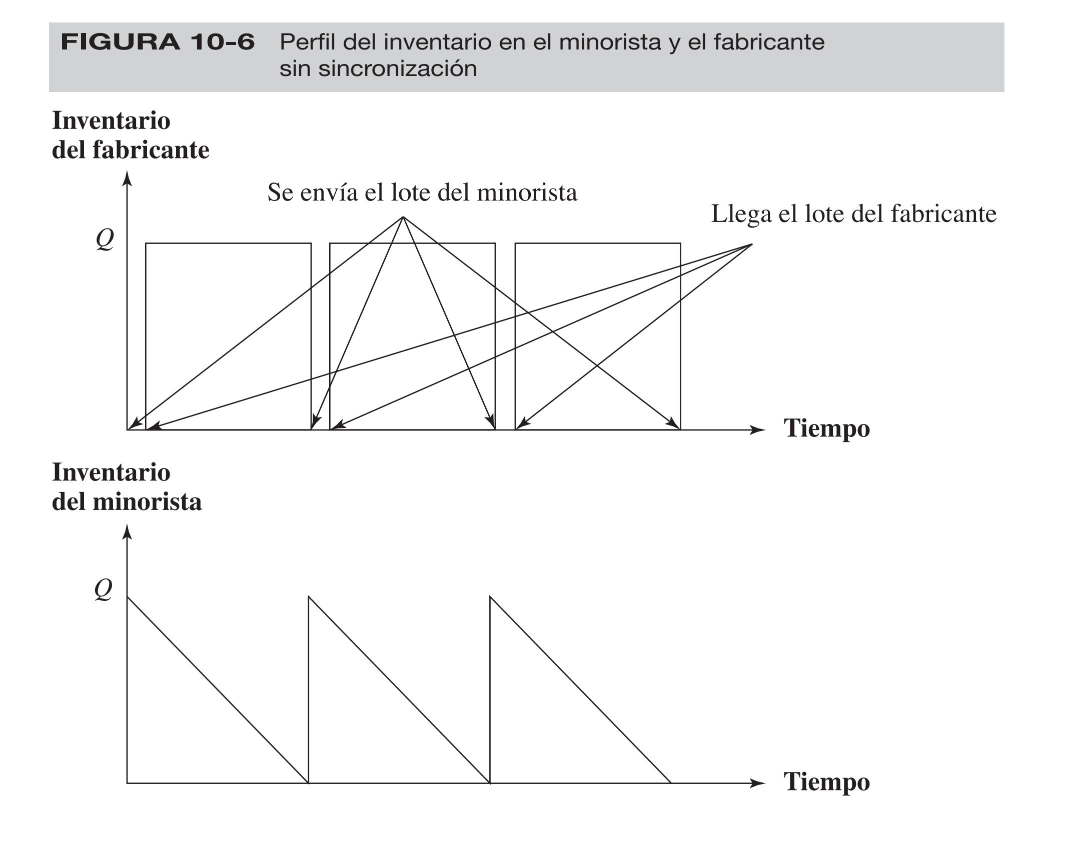
Las promociones comerciales deben ser diseñadas para que los minoristas limiten sus compras adelantadas y transfieran una mayor parte del descuento a los clientes finales. El objetivo del fabricante es incrementar la participación de mercado y las ventas sin permitir al minorista realizar cantidades significativas de compras adelantadas. Este resultado se logra al ofrecer descuentos que se basan en las ventas reales a los clientes en lugar de en la cantidad comprada por el minorista. El descuento en el precio aplica a artículos que se venden a los clientes (*sell-through*) durante la promoción, no a la cantidad comprada por el minorista (*sell-in*). Esto elimina todos los incentivos para la compra adelantada.

Dada la tecnología informática que existe en la actualidad, muchos fabricantes ofrecen algunas promociones basadas en lecturas de escáner, mediante las cuales el minorista recibe crédito para el descuento promocional por cada unidad vendida. Otra opción es limitar la asignación a un minorista con base en las ventas anteriores. Éste es también un esfuerzo por limitar la cantidad que el minorista puede comprar por adelantado. Es muy poco probable que los minoristas acepten tales esquemas para marcas débiles.

10.5 ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE CICLO MULTIESCALÓN

Una cadena de suministro *multiescalón* tiene múltiples etapas y quizá numerosos participantes en cada una de ellas. La carencia de coordinación en las decisiones sobre el tamaño de lote a lo largo de la cadena da como resultado altos costos y un inventario de ciclo mayor del que se requiere. La meta de un sistema multiescalón es disminuir los costos totales mediante la coordinación de los pedidos a lo largo de la cadena.

FIGURA 10-6 Perfil del inventario en el minorista y el fabricante sin sincronización



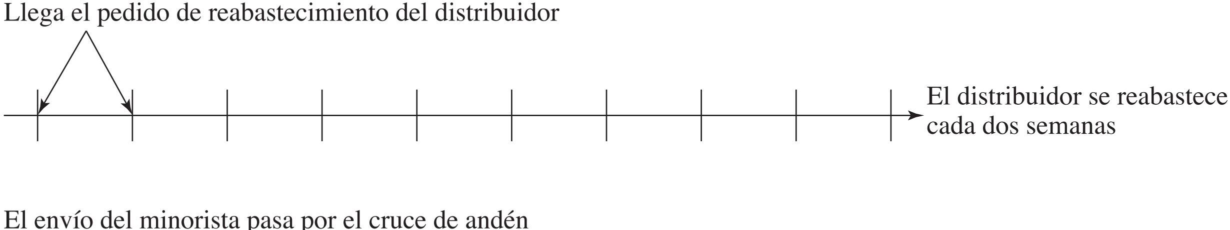
Considere un sistema multiescalón simple con un fabricante que suministra a un minorista. Suponga que la producción es instantánea, de manera que el fabricante puede producir un lote siempre que se necesita. Si las dos etapas no están sincronizadas, el fabricante puede producir un nuevo lote de tamaño Q inmediatamente después de enviar un lote de tamaño Q al minorista. El inventario en las dos etapas se ilustra en la figura 10-6. En este caso, el minorista tiene un inventario promedio de $Q/2$ y el fabricante un inventario de Q.

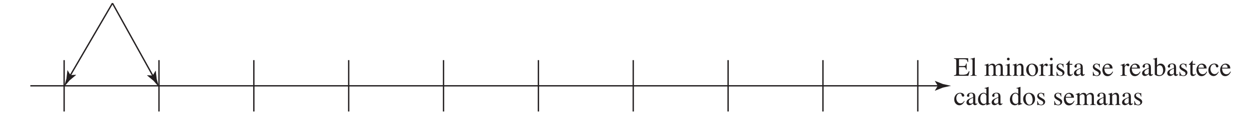
Todo el inventario de la cadena se puede disminuir si el fabricante sincroniza su producción para que esté lista justo a tiempo para ser enviada al minorista. En este caso, el fabricante no lleva inventario y el minorista mantiene un inventario promedio de $Q/2$. Aquí, la sincronización de la producción y el reabastecimiento permite a la cadena disminuir el inventario de ciclo de $3Q/2$ a $Q/2$.

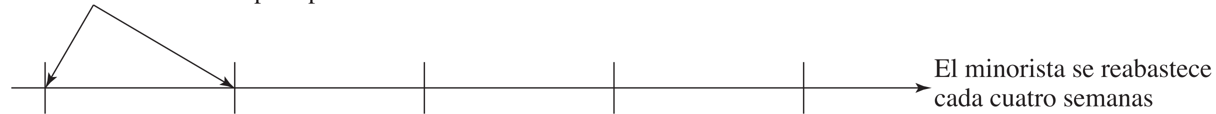
Para una cadena multiescalón simple con un solo participante en cada etapa, se ha demostrado que las políticas para ordenar en las que el tamaño de lote en cada etapa es un múltiplo entero del tamaño de lote en el cliente inmediato es lo que más se acerca a lo óptimo. Cuando los tamaños de lote son múltiplos enteros, la coordinación de los pedidos en todas las etapas permite que una porción de la entrega a una etapa pase por el cruce de andén (*cross-docking)* y continúe hacia la siguiente. La extensión del cruce de andén depende de la razón del costo fijo de ordenar S y del costo de mantener inventario H en cada etapa. Mientras más cerca está la razón entre las dos etapas, más alto será el porcentaje óptimo del producto que ha pasado por el cruce de andén.

Si una parte (distribuidor) de la cadena abastece a múltiples partes (minoristas) en la siguiente etapa es importante distinguir a los minoristas con una demanda alta de aquellos con una demanda baja. En este escenario, Roundy (1985) demostró que una política cercana a lo óptimo da resultado si los minoristas se agrupan de tal manera que todos los minoristas que pertenecen a un grupo ordenan en forma conjunta y, para cualquier minorista, ya sea que la frecuencia de pedido sea un múltiplo entero de la frecuencia de pedido en el distribuidor o la frecuencia de pedido en el distribuidor sea un múltiplo entero de la frecuencia en el minorista.

FIGURA 10-7 Ejemplo de una política de reabastecimiento entero







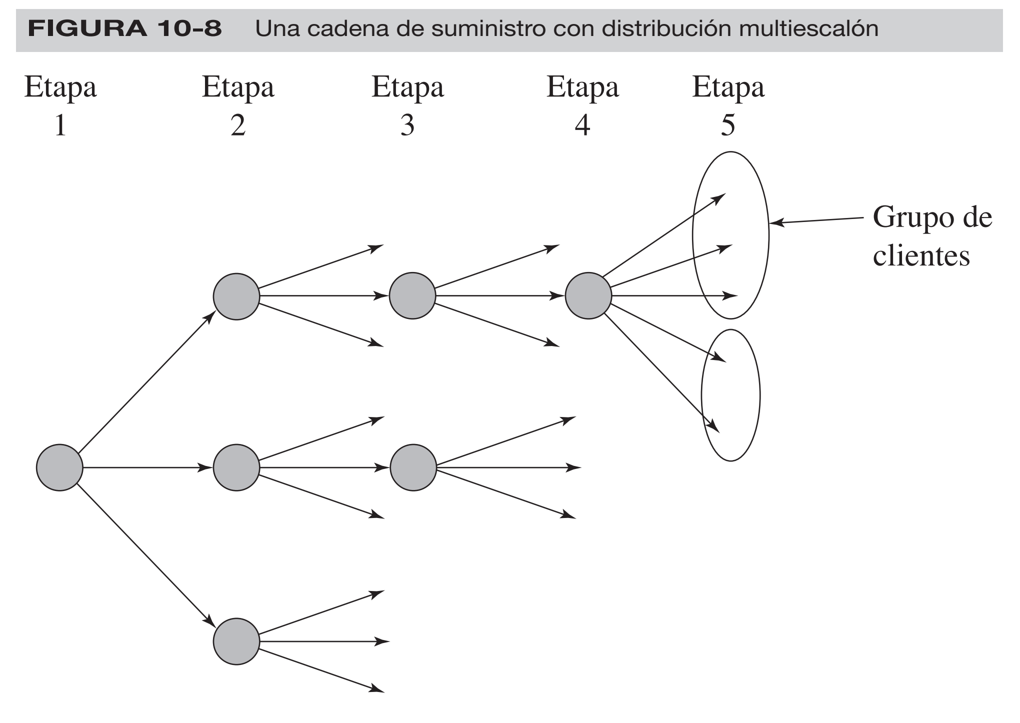
En una política de reabastecimiento entero, todos los participantes ordenan periódicamente, y la duración del intervalo de reorden de cada integrante es un múltiplo entero de algún periodo base. Un ejemplo de tal política se muestra en la figura 10-7. Con esta estrategia, el distribuidor coloca un pedido de reabastecimiento cada dos semanas. Algunos minoristas colocan pedidos de reabastecimiento cada semana y otros, cada dos o cuatro semanas. Observe que para los minoristas que ordenan con más frecuencia que el distribuidor, la frecuencia de pedido del minorista es un múltiplo entero de la frecuencia del distribuidor. Para los minoristas que ordenan con menor frecuencia que el distribuidor, la frecuencia de pedido de éste es un múltiplo entero de la frecuencia del minorista.

Si la política de reabastecimiento entero se sincroniza a lo largo de las dos etapas, el distribuidor puede hacer un cruce de andén de una parte de su suministro a la siguiente etapa. Todos los envíos a los minoristas que ordenan con una frecuencia menor que el distribuidor (cada dos o cuatro semanas) pasan por el cruce de andén, como se muestra en la figura 10-8. Para minoristas que ordenan con más frecuencia (cada semana) que el distribuidor, la mitad de los pedidos pasan por el cruce de andén, y la otra mitad se envía desde el inventario como se ilustra en la figura 10-8.

Las políticas de reabastecimiento entero para una cadena de suministro se muestran en la figura 10-8 y se resumen de la siguiente forma:

- Dividir en grupos todas las partes dentro de una etapa, de modo que todas las partes dentro de un grupo coloquen sus pedidos con el mismo proveedor y tengan el mismo intervalo de reorden.

FIGURA 10-8 Una cadena de suministro con distribución multiescalón



- Establecer intervalos de reorden a lo largo de las etapas de manera que la recepción de un pedido de reabastecimiento en cualquier etapa esté sincronizada con el envío de un pedido de reabastecimiento a cuando menos uno de sus clientes. La porción sincronizada puede pasar por un cruce de andén.
- Para los clientes con intervalos de reorden más largos que el del proveedor, el intervalo de reorden debe ser un múltiplo entero del intervalo del proveedor y hay que sincronizar el reabastecimiento en las dos etapas para facilitar el cruce de andén. En otras palabras, el proveedor debe hacer un cruce de andén con todos los pedidos de los clientes que reordenan con menor frecuencia que el mismo proveedor.
- Para los clientes con intervalos de reorden más cortos que el del proveedor, el intervalo de reorden del proveedor debe ser un múltiplo entero del intervalo del cliente y hay que sincronizar el reabastecimiento en las dos etapas para facilitar el cruce de andén. Es decir, el proveedor debe hacer un cruce de andén con uno de cada k envíos al cliente que ordena con más frecuencia que él mismo, donde k es un entero.
- La frecuencia relativa de reorden depende del costo de preparación, el costo de mantener inventario y la demanda de diferentes grupos.

PUNTO CLAVE Las políticas de reabastecimiento entero pueden sincronizarse en cadenas de suministro multiescalón con la finalidad de mantener en un nivel bajo el inventario de ciclo y los costos de ordenar. Con tales políticas, el intervalo de reorden en cualquier etapa es un múltiplo entero de un intervalo base de reorden. Las políticas de reabastecimiento entero sincronizadas facilitan un alto nivel de cruce de andén a lo largo de la cadena de suministro.

Aunque las políticas de número entero estudiadas previamente sincronizan el reabastecimiento dentro de la cadena de suministro y disminuyen el inventario de ciclo, incrementan los inventarios de seguridad, como se analiza en el capítulo 11, debido a la falta de flexibilidad en el momento elegido para reordenar. Por tanto, dichas políticas son muy convenientes para cadenas de suministro en las cuales el inventario de ciclo es grande y la demanda es relativamente predecible.

10.6 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS RELACIONADOS CON EL INVENTARIO DE CICLO EN LA PRÁCTICA

Al establecer los niveles del inventario de ciclo en la práctica, un obstáculo común es la estimación de los costos de ordenar y mantener inventario. Dada la robustez de los modelos de inventario de ciclo, es mejor lograr una buena aproximación rápidamente que pasar mucho tiempo intentando estimar los costos con exactitud.

Nuestra meta es identificar los costos incrementales que cambian con la decisión del tamaño de lote. Podemos pasar por alto los costos que no varían con una modificación en el tamaño de lote. Por ejemplo, si una fábrica opera al 50% de su capacidad y toda la mano de obra es de tiempo completo y no recibe pago de tiempo extra, se puede decir que el costo incremental de preparación respecto a la mano de obra es de cero. En este caso, si se reduce el tamaño del lote, no tendrá impacto alguno en el costo de preparación hasta que la mano de obra sea utilizada por completo (y reciba pago por trabajar tiempo extra) o las máquinas sean utilizadas por completo (con una pérdida resultante en la capacidad de producción).

COSTO DE MANTENER INVENTARIO

El costo de mantener inventario se calcula como un porcentaje del costo de un producto y es la suma de los siguientes componentes principales.

- ***Costo del capital:*** Éste es el componente dominante del costo de mantener inventario de productos que no se vuelven obsoletos con rapidez. El método apropiado es evaluar el *costo promedio ponderado del capital* (*WACC,* del inglés *weighted-average cost of capital*),[5] el cual toma en consideración la tasa requerida de rendimiento del capital de la compañía y el costo de su deuda. Éstos son ponderados por la cantidad de capital y deuda que tiene la compañía. La fórmula es la siguiente:

$$WACC = \frac{E}{D + E}(R_f + \beta \times MRP) + \frac{D}{D + E}R_b(1 - t)$$

donde

E = cantidad de capital
D = cantidad de deuda
R_f = tasa de rendimiento libre de riesgo (que, por lo común, es de un dígito)
β = beta de la compañía
MRP = prima de riesgo del mercado (que es de un dígito)
R_b = la tasa a la que la compañía pide dinero prestado (relacionada con su calificación de deuda)
t = tasa impositiva

El *WACC* se ajusta para usarse en una configuración antes de impuestos de la siguiente manera:

$$WACC \text{ antes de impuestos} = WACC \text{ después de impuestos}/(1 - t)$$

El *WACC* antes de impuestos es apropiado para una compañía que puede incrementar su negocio usando fondos que libera gracias a la reducción de los inventarios, ya que los cálculos del inventario se realizan antes de impuestos. La mayoría de estas cifras se encuentran en el informe anual de la compañía y en cualquier informe de investigación de capital sobre la misma. La tasa de préstamo proviene de las tablas que contienen las tasas que se cobran por bonos de compañías con las mismas calificaciones de crédito. La tasa libre de riesgo es el rendimiento de los certificados de gobierno (por ejemplo, los certificados de depósito del gobierno estadounidense) y la prima de riesgo de mercado es el rendimiento del mercado por encima de la tasa libre de riesgo. Si el acceso a la estructura financiera de la compañía no es posible, una buena aproximación se logra al emplear las cifras de compañías públicas de la misma industria y de tamaño similar.

[5] Véase Brealey y Myers (2000).

- ***Costo de obsolescencia (o deterioro):*** El costo de obsolescencia estima la tasa a la que el valor del producto almacenado disminuye debido a que su valor de mercado o calidad bajan. Este costo puede variar drásticamente, desde tasas de muchos miles por ciento hasta casi cero, dependiendo del tipo de producto. Los productos perecederos tienen tasas de obsolescencia altas. Incluso los productos no perecederos pueden tener tasas altas de obsolescencia si su ciclo de vida es breve. Un producto con un ciclo de vida de seis meses tiene un costo de obsolescencia efectivo de 200%. Por otro lado, están los productos como el petróleo crudo a los que les toma mucho tiempo volverse obsoletos o deteriorarse. Para tales productos, puede aplicarse una tasa muy baja de obsolescencia.
- ***Costo de manejo de inventario:*** El costo de manejo de inventario debe incluir sólo los costos incrementales de recepción y almacenaje que varían con la cantidad de producto recibida. Los costos de manejo independientes de la cantidad que varían con el número de pedidos deben incluirse en el costo de ordenar. A menudo, el costo de manejo dependiente de la cantidad no cambia si la cantidad varía dentro de un rango. Si la cantidad se halla dentro de este rango (por ejemplo, el rango de inventario que un grupo de cuatro personas puede descargar por periodo), el costo de manejo de inventario incremental que se suma al costo de mantener inventario es cero. Si la cantidad manejada requiere más personas, se agrega un costo de manejo incremental al costo de mantener inventario.
- ***Costo de ocupación:*** El costo de ocupación refleja el cambio incremental en el costo de espacio debido a un cambio en el inventario de ciclo. Si se le cobra a la compañía con base en el número real de unidades mantenidas en almacenamiento, tenemos el costo directo de ocupación. Por lo regular, las compañías rentan o compran una cantidad fija de espacio. En tanto que un cambio marginal en el inventario de ciclo no modifique los requerimientos de espacio, el costo incremental de ocupación será de cero. Los costos de ocupación casi siempre toman la forma de una función escalonada, con un incremento repentino en el costo cuando la capacidad se utiliza a plenitud y debe adquirirse nuevo espacio.
- ***Costos varios:*** El componente final de los costos de mantener inventario se relaciona con una serie de otros costos relativamente pequeños. Éstos incluyen robos, seguridad, daños, impuestos y cargos adicionales de seguro en que se incurre. Una vez más, es importante estimar el cambio incremental en tales costos cuando el inventario de ciclo cambia.

COSTO DE ORDENAR

El costo de ordenar incluye todos los costos incrementales asociados con colocar o recibir un pedido extra en los que se incurre sin importar el tamaño del pedido. Los componentes del costo de ordenar incluyen:

- ***Tiempo del comprador:*** El tiempo del comprador es el tiempo incremental del comprador que coloca el pedido extra. Este costo debe incluirse sólo si se utiliza en su totalidad al comprador. El costo incremental de que un comprador inactivo coloque un pedido es de cero y no se agrega al costo de ordenar. Los pedidos electrónicos reducen de modo significativo el tiempo que tarda un comprador en colocar un pedido.
- ***Costos de transporte:*** Con frecuencia, se incurre en un costo fijo de transporte sin importar el tamaño del pedido. Por ejemplo, si se envía un camión a entregar cada pedido, cuesta la misma cantidad enviar un camión semivacío que uno lleno. El precio por una carga que no utiliza toda la capacidad del camión también incluye un componente fijo que es independiente de la cantidad enviada y un componente variable que se incrementa con la cantidad enviada. El componente fijo debe incluirse en el costo de ordenar.
- ***Costos de recepción:*** Se incurre en algunos costos de recepción sin importar el tamaño del pedido. Éstos incluyen cualquier trabajo de administración, como el cotejo de las órdenes de compra y cualquier esfuerzo asociado con actualizar los registros de inventario. Los costos de recepción que dependen de la cantidad no deben incluirse aquí.
- ***Otros costos:*** Cada situación puede tener costos únicos que deben considerarse si es que se incurre en ellos en cada pedido sin importar la cantidad del mismo.

El costo de ordenar se estima como la suma de todos sus costos componentes. Es importante que el costo de ordenar incluya sólo el cambio incremental en el costo real que produce un pedido adicional. Por lo general, el costo de ordenar es una función escalonada que es cero cuando el recurso no es completamente utilizado, pero que tiene un valor muy alto cuando el recurso se emplea en su totalidad. En ese momento, el costo de ordenar es el costo del recurso adicional requerido.

10.7 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Balancear los costos apropiados para escoger la cantidad óptima del inventario de ciclo en la cadena de suministro.

   El inventario de ciclo generalmente es igual a la mitad del tamaño del lote. Así, conforme el tamaño del lote crece, ocurre lo mismo con el inventario de ciclo. Al decidir la cantidad idónea del inventario de ciclo, la meta de la cadena de suministro es minimizar el costo total: el costo de ordenar, el costo de mantener inventario y el costo de material. Conforme crece el inventario de ciclo, también aumenta el costo de mantener inventario. Sin embargo, el costo de ordenar y, en algunos casos, el costo de material disminuyen con el aumento en el tamaño del lote y el inventario de ciclo. La EOQ balancea los tres costos para obtener el tamaño de lote óptimo. Mientras más grande sea el costo de ordenar y de transporte, mayores serán el tamaño de lote y el inventario de ciclo.
2. Comprender el impacto de los descuentos por cantidad en el tamaño de lote y el inventario de ciclo.

   Los descuentos por cantidad basados en el tamaño de lote incrementan el tamaño de lote y el inventario de ciclo dentro de la cadena de suministro, ya que alientan a los compradores a comprar en grandes cantidades para aprovechar las rebajas de precio.
3. Idear esquemas apropiados de descuento para la cadena de suministro.

   Los descuentos por cantidad se justifican para incrementar las utilidades de la cadena de suministro. Los descuentos basados en el volumen son más eficaces que los descuentos basados en el tamaño del lote para acrecentar las utilidades de la cadena sin aumentar el tamaño de lote y el inventario de ciclo.
4. Entender el impacto de las promociones comerciales en el tamaño de lote y el inventario de ciclo.

   Las promociones comerciales incrementan el inventario y los costos totales de la cadena de suministro a través de la compra adelantada, la cual mueve la demanda futura al presente y crea un pico seguido de un valle. La mayor variabilidad agranda los inventarios y los costos.
5. Identificar las herramientas administrativas que reducen el tamaño de lote y el inventario de ciclo en la cadena de suministro sin aumentar el costo.

Las herramientas administrativas clave para reducir el tamaño de lote y, por tanto, el inventario de ciclo en la cadena sin incrementar el costo son las siguientes:

- Reducir los costos fijos de ordenar y transporte en los que se incurre por pedido.
- Implementar esquemas de descuento con base en el volumen en lugar de esquemas de descuento basados en el tamaño de cada lote.
- Eliminar o reducir las promociones comerciales y alentar los precios bajos todos los días. Basar las promociones comerciales en la cantidad que se vende al cliente (*sell-through*) en lugar de en la cantidad comprada por el minorista (*sell-in*).

Preguntas de discusión

1. Considere un supermercado que está decidiendo sobre el tamaño de su pedido de reabastecimiento de Procter & Gamble. ¿Qué costos debe tomar en consideración al tomar la decisión?
2. Explique cómo los diversos costos del supermercado varían conforme disminuye el tamaño del lote ordenado a Procter & Gamble.
3. Conforme crece la demanda de la cadena de supermercados, ¿cómo podría esperar que cambiara el inventario de ciclo medido en días de inventario? Explique.

4. El gerente del supermercado pretende disminuir el tamaño del lote sin incrementar los costos en que incurrirá. ¿Qué acciones puede tomar para lograr este objetivo?
5. ¿Cuándo se justifican los descuentos por cantidad en una cadena de suministro?
6. ¿Cuál es la diferencia entre los descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote y los basados en el volumen?
7. ¿Por qué los fabricantes como Kraft y Sara Lee ofrecen promociones comerciales? ¿Qué impacto tienen estas promociones en la cadena de suministro? ¿Cómo debe estructurarse las promociones comerciales para maximizar su impacto mientras que se minimiza el costo adicional que imponen a la cadena de suministro?
8. ¿Por qué es apropiado incluir sólo el costo incremental al estimar el costo de ordenar y mantener inventario para la compañía?

Ejercicios

1. Harley Davidson tiene su planta de ensamblaje de motores en Milwaukee y su planta de motocicletas en Pennsylvania. Los motores se transportan en camiones de una planta a la otra y cada viaje cuesta 1,000 dólares. La planta de motocicletas ensambla y vende 300 por día. Cada motor cuesta 500 dólares y Harley incurre en un costo de mantener inventario de 20% por año. ¿Cuántos motores debe cargar Harley en cada camión? ¿Cuál es el inventario de ciclo de los motores en Harley?
2. Como parte de su iniciativa para implementar la manufactura justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés) en su planta de ensamblaje de motocicletas, Harley ha reducido el número de motores que se cargan en cada camión a 100. Si cada viaje cuesta 1,000 dólares, ¿cómo impacta esta decisión en los costos de inventario anuales? ¿Qué costo debe tener cada camión si una carga de 100 motores es la óptima para Harley?
3. Harley compra los componentes a tres proveedores. Los comprados al proveedor A tienen un precio de 5 dólares cada uno y se usan a una tasa de 20,000 unidades por mes. Los comprados al proveedor B tienen un precio de 4 dólares cada uno y se utilizan a una tasa de 2,500 unidades por mes. Por último, los del proveedor C tienen un precio de 5 dólares cada uno y se emplean a una tasa de 900 por mes. En la actualidad, Harley compra un camión por separado a cada proveedor. Como parte de su política JIT, Harley ha decidido agregar las compras de los tres proveedores. La compañía transportista cobra un costo fijo de 400 dólares por camión con un cobro adicional de 100 dólares por cada parada. Entonces, si Harley pide que recoja mercancía de un solo proveedor, la compañía cobra 500 dólares; de dos proveedores, 600 dólares; y de tres proveedores, 700 dólares. Proponga la estrategia de reabastecimiento para Harley que minimice el costo anual. Compare el costo de su estrategia con la actual de Harley de ordenar por separado a cada proveedor. ¿Cuál es el inventario de ciclo de cada componente en Harley?
4. Prefab, un fabricante de muebles, emplea 20,000 pies cuadrados de madera contrachapada por mes. Su compañía transportista le cobra 400 dólares por envío, independientemente de la cantidad adquirida. El fabricante ofrece un descuento por cantidad sobre todas las unidades con precio de 1 dólar por pie cuadrado para pedidos menores a 20,000, 0.98 dólares por pie cuadrado para pedidos entre 20,000 y 40,000 y 0.96 dólares por pie cuadrado para pedidos mayores de 40,000 pies cuadrados. Prefab incurre en un costo de mantener inventario de 20%. ¿Cuál es el tamaño de lote óptimo para Prefab? ¿Cuál es el costo anual de tal política? ¿Cuál es el inventario de ciclo de la madera contrachapada? ¿Cómo se compara con el inventario de ciclo si el fabricante no ofrece un descuento por cantidad sino que vende todo el contrachapado a 0.96 dólares por pie^2?
5. Reconsidere el ejercicio 4 sobre Prefab, pero ahora el fabricante ofrece un descuento por cantidad sobre el costo marginal unitario de la madera contrachapada. Los primeros 20,000 pies cuadrados de cualquier pedido se venden a 1 dólar por pie cuadrado, los siguientes 20,000 pies cuadrados se venden a 0.98 dólares por pie cuadrado y cualquier cantidad mayor a 40,000 pies cuadrados se vende a 0.96 dólares por pie cuadrado. ¿Cuál es el tamaño óptimo del lote de Prefab dada esta estructura de precios? ¿Cuánto inventario de ciclo de madera contrachapada tendrá Prefab dada la política de ordenar?
6. La cadena de supermercados Dominick's vende Nut Flakes, un cereal popular fabricado por la compañía de cereales Tastee. La demanda de Nut Flakes es de 1,000 cajas por semana. Dominick's tiene un costo de mantener inventario de 25% e incurre en un costo fijo de transporte de 200 dólares por

cada pedido de reabastecimiento que coloca con Tastee. Dado que Tastee cobra 2 dólares por caja de Nut Flakes, ¿cuánto debe ordenar Dominick's en cada lote de reabastecimiento? Tastee dirige una promoción comercial, disminuyendo el precio de Nut Flakes a 1.80 dólares por mes. ¿Cuánto debe ordenar Dominick's, dada la reducción temporal de precio?

7. Flanger es un distribuidor industrial que se abastece de cientos de proveedores. Los dos modos de transporte disponibles para los envíos entrantes son LTL (menos de un camión completo) y TL (camión completo). El primero cuesta 1 dólar por unidad, mientras que TL cuesta 400 dólares por camión. Cada camión puede transportar hasta 1,000 unidades. Flanger quiere establecer una regla para asignar los productos al modo de transporte (TL o LTL) con base en la demanda anual. Cada unidad cuesta 50 dólares y Flanger tiene un costo de mantener de 20%. Además, Flanger incurre en un costo fijo de 100 dólares por cada pedido colocado con el proveedor.
   (a) Determine un límite para la demanda anual por encima del cual TL se prefiera y por debajo del cual LTL se prefiera.
   (b) ¿Cómo cambia el límite [relativo a la parte (a)] si el costo unitario es de 100 dólares (en lugar de 50 dólares) con todo lo demás constante? ¿Qué modo se vuelve preferible conforme crece el costo unitario?
   (c) ¿Cómo cambia el limite [relativo a la parte (a)] si el costo de LTL se reduce a 0.8 dólares por unidad (en lugar de 1 dólar por unidad)?

8. SuperPart, un distribuidor de autopartes, tiene un gran almacén en Chicago y quiere decidir una política para el uso de transporte TL o LTL para envíos entrantes. LTL cuesta 1 dólar por unidad. El envío TL cuesta 800 dólares por camión más 100 dólares por recolección. Por tanto, un camión empleado para recoger mercancía de tres proveedores cuesta $800 + 3 \times 100 = 1{,}100$ dólares. Un camión puede transportar hasta 2,000 unidades. SuperPart incurre en un costo fijo de 100 dólares por cada pedido colocado con un proveedor. Así, un pedido con tres distintos proveedores incurre en un costo de ordenar de 300 dólares. Cada unidad cuesta 50 dólares y SuperPart emplea un costo de mantener inventario de 20%. Suponga que el producto de cada proveedor tiene una demanda anual de 3,000 unidades.
   (a) ¿Cuál es el tamaño óptimo del pedido y el costo anual si se emplea un método de envío LTL? ¿Qué tiempo transcurre entre un pedido y otro?
   (b) ¿Cuál es el tamaño óptimo del pedido y el costo anual si se emplea un método de envío TL con un camión por separado para cada proveedor? ¿Qué tiempo transcurre entre un pedido y otro?
   (c) ¿Cuál es el tamaño óptimo del pedido y el costo anual por producto si se usa el método de envío TL, pero dos de los proveedores están agrupados por camión?
   (d) ¿Cuál es el número óptimo de proveedores que deben agruparse? ¿Cuál es el tamaño óptimo del pedido y el costo anual por producto en este caso? ¿Qué tiempo transcurre entre un pedido y otro?
   (e) ¿Cuál es la política de envío que recomendaría si cada producto tiene una demanda anual de 3,000? ¿Cuál es la política de envío que recomendaría para productos con una demanda anual de 1,500? ¿Cuál es la política de envío que aconsejaría para productos con una demanda anual de 18,000?

9. PlasFib es un fabricante de fibras sintéticas utilizadas para tapizar muebles. PlasFib fabrica la fibra en 50 colores distintos en una línea. Al cambiar de un color al siguiente, parte de la línea debe limpiarse, lo que produce pérdida de material. Cada cambio cuesta 200 dólares en material perdido y mano de obra para el cambio. Suponga que cada cambio requiere que se detenga la línea durante 0.5 horas. Cuando está operando, la línea produce fibra a una tasa de 100 libras por hora.

   Las fibras vendidas por PlasFib se dividen en tres categorías. Existen 5 colores de rotación alta que promedian ventas de 30,000 libras por color por año. Existen 10 colores de rotación media que promedian ventas de 12,000 libras por color por año. Los restantes son productos de rotación baja y promedian ventas de 2,400 libras por año cada una. Cada libra de fibra cuesta 5 dólares y PlasFib tiene un costo de mantener inventario de 20%.
   (a) ¿Cuál es el tamaño del lote que PlasFib debe producir de cada color de rotación alta, media y baja? ¿A cuántos días de demanda se traduce esto?

(b) ¿Cuál es el costo anual de preparación y mantenimiento de inventario de las políticas que propuso en la parte (a)?
(c) ¿Cuántas horas de operación de planta requerirá en un año el programa mencionado anteriormente (incluyendo media hora de preparación por tanda)?

10. TopOil, una refinería de Indiana, atiende tres clientes cerca de Nashville, Tennessee, y mantiene inventario en consignación (propiedad de TopOil) en cada ubicación. Actualmente, TopOil emplea transporte TL para entregar por separado a cada cliente. Cada camión cuesta 800 dólares más 250 dólares por parada. Por tanto, entregar a cada cliente por separado cuesta 1,050 dólares por camión. TopOil está considerando agregar las entregas a Nashville en un solo camión. La demanda del cliente más grande es de 60 toneladas por año, la demanda del siguiente cliente es de 24 toneladas por año y la demanda del tercero es de 8 toneladas por año. El costo de producir para TopOil es de 10,000 dólares por tonelada y tiene un costo de mantener inventario de 25%. La capacidad del camión es de 12 toneladas.
    (a) ¿Cuál es el costo anual de transporte y de mantener inventario si TopOil envía un camión completo cada vez que un cliente se queda sin inventario? ¿Cuántos días de inventario se mantienen en cada cliente con esta política?
    (b) ¿Cuál es la política apropiada de entrega a cada cliente si TopOil envía de manera separada a cada uno de ellos? ¿Cuál es el costo anual de transporte y de mantener inventario? ¿Cuántos días de inventario se mantienen en cada cliente con esta política?
    (c) ¿Cuál es la política de entrega óptima para cada cliente si TopOil agrega los envíos de cada uno de los tres clientes en cada camión que va a Nashville? ¿Cuál es el costo anual de transporte y de mantener inventario? ¿Cuántos días de inventario se mantienen en cada cliente con esta política?
    (d) ¿Puede proponer una política hecha a la medida que tenga costos menores que las políticas en (b) o (c)? ¿Cuáles son los costos e inventarios de la política que propone?
11. Crunchy, un fabricante de cereales, tiene una planta dedicada para una de las cadenas minoristas más grandes. Las ventas de la cadena promedian cerca de 20,000 cajas al mes y la producción en la planta mantiene el paso con esta demanda promedio. Cada caja de cereal cuesta 3 dólares a Crunchy y se le vende al minorista a un precio al mayoreo de 5 dólares. Tanto Crunchy como el minorista emplean un costo de mantener inventario de 20%. Por cada pedido colocado, el minorista incurre en un costo de ordenar de 200 dólares por pedido colocado. Crunchy incurre en costos de transporte y carga que ascienden en total a 1,000 dólar es por pedido enviado.
    (a) Dado que está tratando de minimizar su costo de ordenar y mantener inventario, ¿qué tamaño de lote ordenará el minorista en cada pedido? ¿Cuál es el costo anual de ordenar y mantener inventario para el minorista como resultado de esta política? ¿Cuál es el costo anual de ordenar y mantener inventario para Crunchy como resultado de esta política? ¿Cuál es el costo total de inventario de ambas partes como resultado de esta política?
    (b) ¿Qué tamaño de lote minimiza los costos de inventario (ordenar, entregar y mantener) tanto de Crunchy como del minorista? ¿Qué reducción en costos se obtiene de esta política respecto a (a)?
    (c) Diseñe un descuento por cantidad sobre todas las unidades que dé como resultado que el minorista ordene la cantidad en (b)
    (d) ¿Cuánto del costo de entrega de 1,000 dólares debe transferir Crunchy al minorista en cada lote con el fin de que el minorista ordene la cantidad en (b)?
12. La compañía Orange ha introducido un nuevo aparato de música llamado J-Pod. Este aparato se vende a través de Good Buy, un importante minorista de electrónica. Good Buy ha estimado que la demanda de J-Pod dependerá del precio final de venta al público p de acuerdo con la curva de demanda

$$\text{Demanda } D = 2{,}000{,}000 - 2{,}000p$$

    El costo de producción para Orange es de 100 dólares por J-Pod.
    (a) ¿Cuál es el precio al mayoreo que debe cobrar Orange por el J-Pod? A este precio, ¿qué precio de venta al público debe establecer Good Buy? ¿Cuáles son las utilidades de Orange y Good Buy en equilibrio?

(b) Si Orange decide descontar el precio al mayoreo en 40 dólares, ¿cuánto descuento debe ofrecer Good Buy a sus clientes si pretende maximizar sus propias utilidades? ¿Qué fracción del descuento ofrecido por Orange transfiere Good Buy al cliente final?

13. La compañía Orange fija un precio de 550 dólares por unidad de J-Pod. Good Buy vende los J-Pod a 775 dólares. La demanda anual a este precio de venta al público resulta ser de 450,000 unidades. Good Buy incurre en costos de ordenar, recepción y transporte de 10,000 dólares por cada lote de J-Pod ordenados. El costo de mantener inventario para el minorista es de 20%.
    (a) ¿Cuál es el tamaño de lote óptimo que Good Buy debe ordenar?
    (b) La compañía Orange ha descontado en 40 dólares los J-Pod por un plazo corto (cerca de dos semanas). Good Buy ha decidido no cambiar el precio de venta al público, pero puede cambiar el tamaño del lote colocado con Orange. ¿Cómo debe ajustar el tamaño de lote dado este descuento? ¿Cuánto aumenta el tamaño del lote por este descuento?

Bibliografía

Blattberg, Robert C. y Scott A. Neslin, *Sales Promotion: Concepts, Methods, and Strategies,* Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1990.

Brealey, Richard A. y Stewart C. Myers, *Principles of Corporate Finance,* Boston, Irwin McGraw-Hill, 2000.

Buzzell, Robert, John Quelch y Walter Salmon,"The Costly Bargain of Trade Promotions", *Harvard Business Review,* marzo-abril de 1990, pp. 141-149.

Crowther, John F., "Rationale for Quantity Discounts", *Harvard Business Review*, marzo-abril de 1964, pp. 121-127.

Dolan, Robert J., "Quantity Discounts: Managerial Issues and Research Opportunities", *Marketing Science,* 1987, 6, pp. 1-24.

Federgruen, Awi y Yu-Sheng Zheng,"Optimal Power-of-Two Replenishment Strategies in Capacitated General Production/Distribution Networks", *Management Science,* 1993, 39, pp. 710-727.

Goyal, Suresh K., "A Simple Procedure for Price Break Models", *Production Planning & Control,* 1995, 6, pp. 584-585.

Kurt Salmon Associates, Inc., *Efficient Consumer Response,* Washington, DC, Food Marketing Institute, 1993.

Lee, Hau L. y Corey Billington, "Managing Supply Chain Inventories: Pitfalls and Opportunities", *Sloan Management Review,* primavera de 1992, pp. 65-73.

Maxwell, William L. y John A. Muckstadt, "Establishing Consistent and Realistic Reorder Intervals in Production-Distribution Systems", *Operations Research,* 1985, 33, pp. 1316-1341.

Roundy, Robin, "98%-Effective Integer-Ratio Lot-Sizing for One-Warehouse Multi-Retailer Systems", *Management Science,* 1985, 31, pp. 1416-1429.

Roundy, Robin, "A 98%-Effective Lot-Sizing Rule for a Multi-Product, Multi-Stage Production Inventory System", *Mathematics of Operations Research,* 1986, 11, pp. 699–727.

Silver, Edward A., David Pyke y Rein Petersen, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling,* Nueva York, Wiley, 1998.

Zipkin, Paul H., *Foundations of Inventory Management*, Boston, Irwin McGraw-Hill, 2000.

ESTUDIO DE CASO



ESTRATEGIA DE ENTREGA EN MOONCHEM

John Kresge, vicepresidente de la cadena de suministro, estaba muy preocupado cuando salió de la reunión en MoonChem, un fabricante de especialidades químicas. En la reunión de final del año se evaluó el desempeño financiero y se analizó el hecho de que la compañía estaba logrando sólo dos rotaciones de inventario por año. Un análisis más cuidadoso reveló que más de la mitad del inventario propiedad de MoonChem estaba a consignación con sus clientes. Esto era sorprendente, dado que sólo 20% de sus clientes tenían inventario en consignación. John era responsable de los costos de inventario y de transporte. Por ello, decidió analizar con más detalle el inventario en consignación de la administración y formular un plan apropiado.

OPERACIONES DE MOONCHEM

MoonChem, fabricante de especialidades químicas, tenía ocho plantas de manufactura y 40 centros de distribución. Las plantas fabricaban los químicos base y los centros de distribución los mezclaban para producir cientos de productos terminados que se ajustaban a las especificaciones del cliente. En el mercado de especialidades químicas, MoonChem decidió diferenciarse en la región del medio oeste de Estados Unidos ofreciendo inventario en consignación a sus clientes. La compañía quería llevar esta estrategia a escala nacional si resultaba ser efectiva. MoonChem mantenía los químicos requeridos por cada cliente en la región del medio oeste a consignación en las plantas de los clientes. Los clientes utilizaban los químicos según los iban necesitando y MoonChem administraba el reabastecimiento para asegurar la disponibilidad. En la mayoría de los casos, el consumo de los químicos por parte de los clientes era muy estable. MoonChem era el propietario del inventario en consignación y recibía el pago por los químicos a medida que éstos se usaban.

DISTRIBUCIÓN EN MOONCHEM

MoonChem empleaba a la compañía de camiones Golden, un transportista de carga completa, para todos sus envíos. Cada camión tiene una capacidad de 40,000 libras y cobra una tarifa fija dado el origen y destino, sin importar la cantidad enviada en el camión. MoonChem enviaba camiones completos a cada cliente para reabastecer sus inventarios en consignación.

EL ESTUDIO PILOTO DE ILLINOIS

John decidió estudiar con detenimiento sus operaciones de distribución. Se enfocó en el estado de Illinois, el cual era abastecido desde el centro de distribución de Chicago. Para esto, dividió el estado en grupos de códigos postales contiguos, como se muestra en la figura 10-9. Centró la atención dentro de la región de Peoria, que estaba clasificada con el código postal 615. Un estudio cuidadoso de la región reveló dos grandes clientes, seis medianos y 12 pequeños. El consumo anual de cada tipo de cliente era el que se presenta en la tabla 10-4. Golden cobraba 400 dólares por cada envío de Chicago a Peoria, siendo la política de MoonChem enviar camiones llenos a cada cliente según fuera necesario.

John habló con Golden para saber qué se requeriría para incluir los envíos de múltiples clientes en una sola carga. Golden le informó que ellos continuarían cobrando 350 dólares por camino y luego agregarían 50 dólares por cada entrega que fuera responsabilidad de Golden. Por tanto, si Golden despachaba un camión que tuviera que hacer una entrega, el costo total sería de 400 dólares. Sin embargo, si el camión tenía que hacer cuatro entregas, el cobro total sería de 550 dólares.

Cada libra de químico en consignación cuesta a MoonChem 1 dólar, y MoonChem tenía un costo de mantener inventario de 25%. John quería analizar diferentes opciones de distribución disponibles en la región de Peoria para decidir cuál sería la política de distribución óptima. El estudio detallado de Peoria proporcionaría un plano para la estrategia de distribución que MoonChem planeaba llevar a cabo a nivel nacional.

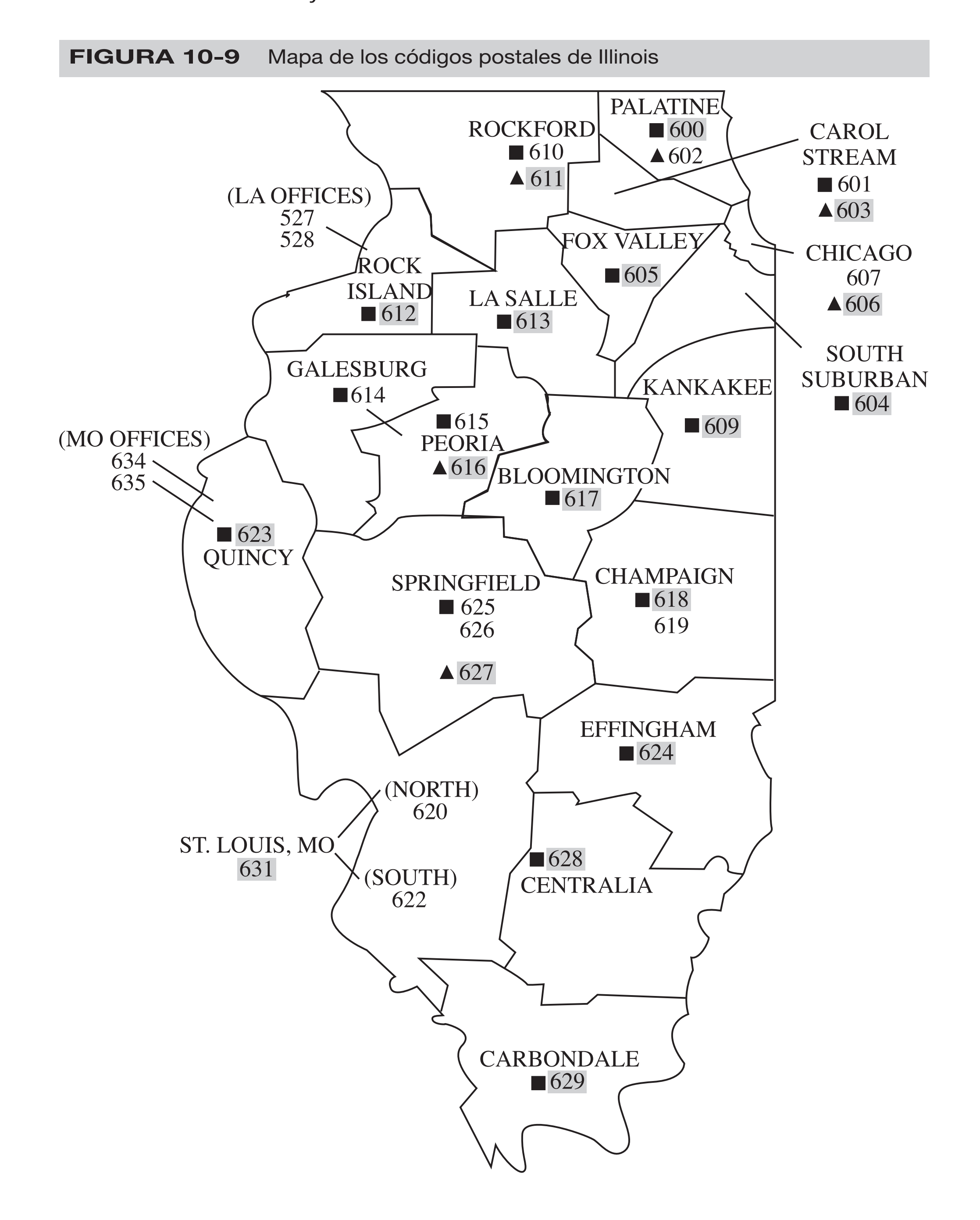
PREGUNTAS

1. ¿Cuál es el costo anual de la estrategia de MoonChem de enviar camiones completos a cada cliente en la región de Peoria para reabastecer el inventario a consignación?
2. Considere diferentes opciones de entrega y evalúe el costo de cada una. ¿Qué opción de entrega recomendaría usted a MoonChem?
3. ¿Cómo impacta su recomendación el inventario en consignación de MoonChem?

TABLA 10-4 Perfil del cliente de MoonChem en la región de Peoria

Tipo de cliente	*Número de clientes*	*Consumo (libras por mes)*
Pequeño	12	1,000
Mediano	6	5,000
Grande	2	12,000

FIGURA 10-9 Mapa de los códigos postales de Illinois



APÉNDICE 10A

CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO

Objetivo: Derivar la fórmula de la cantidad económica de pedido (EOQ, del inglés *economic order quantity*).

Análisis: Dada una demanda anual D, costo de ordenar S, costo unitario C y costo de mantener inventario h, nuestra meta es estimar el tamaño de lote Q que minimice el costo total anual. Para un tamaño de lote Q, el costo total anual está dado por

$$\text{Costo total anual, } TC = (D/Q)S + (Q/2)hC + CD$$

Para minimizar el costo total, tomamos la primera derivada respecto al tamaño de lote Q y la igualamos a cero. Tomando la primera derivada respecto a Q, tenemos que

$$\frac{d(TC)}{dQ} = -\frac{DS}{Q^2} + \frac{hC}{2}$$

Al establecer la primera derivada en cero, la EOQ se da por

$$Q^2 = \frac{2DS}{hC} \quad \text{o} \quad Q = \sqrt{\frac{2DS}{hC}}$$

CAPÍTULO 11

ADMINISTRACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN UNA CADENA DE SUMINISTRO: INVENTARIO DE SEGURIDAD

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender el papel del inventario de seguridad en la cadena de suministro.
2. Identificar los factores que influyen en el nivel requerido de inventario de seguridad.
3. Describir las diferentes medidas de la disponibilidad del producto.
4. Utilizar las herramientas administrativas disponibles para disminuir el inventario de seguridad y mejorar la disponibilidad del producto.

En este capítulo analizamos cómo el inventario de seguridad puede ayudar a la cadena de suministro a mejorar la disponibilidad del producto en presencia de variabilidad de la oferta y la demanda. Analizamos varias medidas de la disponibilidad del producto y cómo los gerentes pueden establecer niveles para el inventario de seguridad y proporcionar la disponibilidad deseada del producto. También exploramos lo que los gerentes pueden hacer para reducir la cantidad requerida de inventario de seguridad mientras se mantiene e, incluso, mejora la disponibilidad del producto.

11.1 PAPEL DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El *inventario de seguridad* es aquel que se mantiene para satisfacer la demanda que excede la cantidad pronosticada para un periodo dado. El inventario de seguridad se mantiene debido a que la demanda es incierta y el producto puede escasear si la demanda real excede a la pronosticada. Por ejemplo, consideremos la tienda departamental de lujo Bloomingdale. Ésta vende bolsas compradas a Gucci, un fabricante italiano. Dado el alto costo de transporte desde Italia, el gerente de la tienda ordena en lotes de 600 bolsas. La demanda de bolsas en Bloomingdale promedia 100 por semana. Gucci necesita tres semanas para entregar las bolsas después de recibir el pedido. Si no hubiese incertidumbre en la demanda y se vendieran exactamente 100 bolsas por semana, el gerente de la tienda podría colocar un pedido cuando quedaran 300 bolsas en la tienda. En ausencia de incertidumbre en la demanda, tal política asegura que el nuevo lote llegue justo cuando se venda la última bolsa en la tienda.

Sin embargo, dadas las fluctuaciones de la demanda y los errores de pronóstico, la demanda real durante las tres semanas puede ser más alta o baja que las 300 bolsas pronosticadas. Si la demanda real en Bloomingdale es más alta que las 300 bolsas, algunos clientes no podrán comprarlas, lo que da como resultado una pérdida potencial del margen para Bloomingdale. Por tanto, el gerente de la tienda decide colocar un pedido con Gucci cuando la tienda todavía tiene 400 bolsas. Esta política mejora la disponibilidad del producto, ya que ahora la tienda sólo

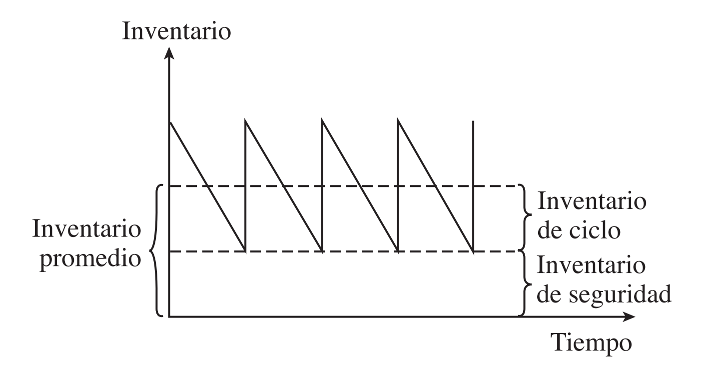


FIGURA 11-1 Perfil del inventario con inventario de seguridad

se quedará sin bolsas si la demanda durante las tres semanas es de más de 400 bolsas. Dado un promedio semanal de 100 bolsas, la tienda tendrá un promedio de 100 bolsas restantes cuando llegue el resurtido. El inventario de seguridad es el remanente promedio al llegar el resurtido. Así, Bloomingdale mantiene un inventario de seguridad de 100 bolsas.

Dado el tamaño de lote de $Q = 600$ bolsas, el inventario de ciclo, retomando el capítulo anterior, es $Q/2 = 300$ bolsas. El perfil del inventario de Bloomingdale en presencia del inventario de seguridad se muestra en la figura 11-1, donde el inventario promedio en Bloomingdale es la suma del inventario de ciclo y el inventario de seguridad.

Este ejemplo ilustra el equilibrio que el gerente debe considerar al planear el inventario de seguridad. Por una parte, incrementar el nivel del inventario de seguridad aumenta la disponibilidad del producto y, por tanto, el margen capturado de las compras del cliente. Por la otra, ampliar el inventario de seguridad acrecienta los costos de mantener inventario. Este tema es particularmente significativo en industrias en las cuales los ciclos de vida del producto son breves y la demanda, muy volátil. Mantener un inventario en exceso puede contrarrestar la volatilidad de la demanda, pero también puede ser muy perjudicial si nuevos productos llegan al mercado y deja de haber demanda del producto en inventario. En ese caso, el inventario disponible se vuelve obsoleto.

En el ambiente de los negocios actuales, se ha vuelto más fácil para los clientes buscar entre las tiendas la disponibilidad de un producto. Al comprar libros en línea, si Amazon.com no tiene un título, el cliente puede fácilmente buscar si BarnesandNoble.com lo tiene. La facilidad cada vez mayor para buscar añade presión en las compañías para mejorar la disponibilidad del producto. De manera simultánea, la variedad de los productos se ha incrementado con una personalización cada vez mayor. Como resultado, los mercados se han vuelto cada vez más heterogéneos y la demanda de productos individuales, muy inestable y difícil de pronosticar. Tanto la variedad cada vez más amplia como la mayor presión para ofrecer disponibilidad obligan a las compañías a aumentar el nivel del inventario de seguridad. Dadas la variedad de productos y una alta incertidumbre de la demanda en la mayoría de las cadenas de alta tecnología, una fracción considerable del inventario mantenido es de seguridad.

Sin embargo, a medida que aumenta la variedad de productos, los ciclos de vida de éstos se han ido reduciendo. Así, es más probable que un producto que hoy en día es muy popular sea obsoleto mañana, lo que aumenta el costo para las empresas de mantener demasiado inventario. Por tanto, una de las claves del éxito de toda cadena de suministro es idear maneras de disminuir el nivel del inventario de seguridad mantenido sin afectar el nivel de disponibilidad de los productos.

La importancia de un inventario de seguridad reducido se destaca en la experiencia de Dell y Compaq a principios de 1998, cuando los precios cayeron. Compaq mantenía 100 días de inventario en comparación con Dell, que mantenía sólo 10 días de inventario. La baja en los precios perjudicó mucho más a Compaq, dado el inventario extra que conservaba. De hecho, esta situación provocó que Compaq no tuviera ganancia alguna en el primer trimestre de ese año.

Una clave del éxito de Dell ha sido su habilidad para proporcionar un alto nivel de disponibilidad del producto a los clientes mientras que mantiene niveles muy bajos de inventario de

seguridad en su cadena. Este hecho ha desempeñado un papel importante en el éxito de Wal-Mart y Seven-Eleven Japón.

Para cualquier cadena, existen dos preguntas clave que se deben considerar al planear el inventario de seguridad:

1. ¿Cuál es el nivel apropiado de inventario de seguridad que se debe mantener?
2. ¿Qué acciones pueden tomarse para mejorar la disponibilidad del producto al tiempo que se reduce el inventario de seguridad?

El resto del capítulo se centra en responder estas preguntas. A continuación, consideramos los factores que influyen en el nivel apropiado del inventario de seguridad.

11.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL ADECUADO DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD

El nivel apropiado del inventario de seguridad se determina por los dos factores siguientes:

- Incertidumbre tanto de la demanda como de la oferta
- El nivel deseado de disponibilidad del producto

Conforme crece la incertidumbre de la oferta o la demanda, el nivel requerido del inventario de seguridad se incrementa. Considere la venta de los asistentes digitales personales Palm (PDA) en B&M Office Supplies. Cuando se introduce un nuevo modelo Palm, la demanda es altamente incierta. Así, B&M mantiene un nivel mucho más alto de inventario de seguridad en relación con la demanda. En tanto se hace más clara la reacción del mercado respecto al nuevo modelo, la incertidumbre se reduce y la demanda es más fácil de predecir. En ese momento, B&M puede mantener un nivel más bajo de inventario de seguridad en relación con la demanda.

Conforme aumenta el nivel deseado de disponibilidad del producto, el nivel requerido de inventario de seguridad también aumenta. Si B&M se fija como objetivo alcanzar un nivel más alto de disponibilidad del producto del nuevo modelo Palm, deberá mantener un nivel más alto de inventario de seguridad de ese modelo.

A continuación presentamos algunas medidas de la incertibumbre de la demanda.

MEDIDA DE LA INCERTIDUMBRE DE LA DEMANDA

Como se analizó en el capítulo 7, la demanda tiene un componente sistemático y otro aleatorio. La meta del pronóstico es predecir el primero y estimar el segundo. Por lo regular, el componente aleatorio se estima como la desviación estándar del error de pronóstico. Suponemos los siguientes datos para la demanda:

D: Demanda promedio por periodo
σ_D: Desviación estándar de la demanda (error de pronóstico) por periodo

Por ahora, suponemos que la demanda semanal de Palms en B&M está distribuida en forma normal, con una media D y una desviación estándar σ_D.

El *tiempo de espera* es el tiempo que transcurre entre el momento en que el cliente coloca el pedido y el momento en que lo recibe. En nuestra discusión, denotamos el tiempo de espera con L. En el ejemplo de B&M, L es el tiempo que pasa entre que B&M ordena las Palms y cuándo se entregan. En este caso, B&M se expone a la incertidumbre de la demanda durante el tiempo de espera. El que B&M sea capaz de satisfacer toda la demanda con el inventario que mantiene depende de la demanda de Palms que se experimente durante el tiempo de espera y el inventario que tenga B&M cuando coloque el pedido de resurtido. De este modo, B&M debe estimar la incertidumbre de la demanda durante el tiempo de espera, no sólo de un periodo. Ahora, podemos calcular la distribución de la demanda a través de k periodos, dada la distribución de la demanda durante cada periodo.

Supongamos que la demanda para cada periodo i, $i = 1,..., L$ está distribuida de manera normal con una media D_i y una desviación estándar σ_i. Sea ρ_{ij} el coeficiente de correlación de la demanda entre periodos i y j. En este caso, la demanda total durante los periodos L está distribuida normalmente con una media de P y una desviación estándar de Ω, donde se sostiene lo siguiente:

$$P = D_L = \sum_{i=1}^{L} D_i \qquad \Omega = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} \sigma_i^2 + 2\sum_{i>j} \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j} \tag{11.1}$$

La demanda en dos periodos está *perfectamente correlacionada positivamente* si $\rho_{ij} = 1$. La demanda en dos periodos está *perfectamente correlacionada negativamente* si $\rho_{ij} = -1$. La demanda en dos periodos es *independiente* si $\rho_{ij} = 0$. Suponga que la demanda durante cada uno de los L periodos es independiente y distribuida normalmente con una media de D y una desviación estándar de σ_D. A partir de la ecuación 11.1 encontramos que la demanda total durante L periodos está distribuida de manera normal con una media D_L y una desviación estándar de σ_L, donde se afirma lo siguiente:

$$D_L = LD \qquad \sigma_L = \sqrt{L}\sigma_D \tag{11.2}$$

Otra medida importante de la incertidumbre es el *coeficiente de variación* (cv), el cual es la razón entre la desviación estándar a la media. Dada una demanda con una media de μ y una desviación estándar de σ, tenemos

$$cv = \sigma/\mu$$

El coeficiente de variación mide el tamaño de la incertidumbre en relación con la demanda. Capta el hecho de que un producto con una demanda media de 100 y una desviación estándar de 100 tiene una incertidumbre mayor de la demanda que un producto con una demanda media de 1,000 y una desviación estándar de 100. Esta diferencia no se puede captar si sólo se considera la desviación estándar.

A continuación analizamos algunas medidas de la disponibilidad del producto.

MEDIDA DE LA DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

La disponibilidad del producto refleja la capacidad de la compañía para surtir el pedido del cliente con el inventario. Hay *desabasto* si el pedido del cliente llega cuando el producto no está disponible. Existen diversas formas para medir la disponibilidad del producto, algunas de las más importantes se mencionan a continuación.

1. ***Tasa de surtido del producto (fr,*** del inglés *product fill rate)* es la fracción de la demanda del producto que se satisface con el inventario del producto. La tasa de surtido debe medirse sobre cantidades específicas de demanda en lugar de tiempo. Por tanto, es más apropiado medir la tasa de surtido en cada millón de unidades de demanda en lugar de cada mes. Esta tasa es equivalente a la probabilidad de que la demanda del producto se satisfaga con el inventario disponible. Supongamos que B&M surte Palms del inventario a 90% de sus clientes y el 10% restante se va con el competidor más cercano debido a la falta de inventario disponible. En este caso, B&M registra una tasa de surtido de 90%.

2. ***Tasa de surtido de pedidos*** *(order fill rate)* es la fracción de pedidos que se satisfacen con el inventario disponible. La tasa de surtido de pedidos también debe medirse sobre un número específico de pedidos y no con base en el tiempo. En un escenario de múltiples productos, un pedido se surte con el inventario sólo si todos los productos que comprende el pedido pueden suministrarse con las existencias en inventario. En el caso de B&M, el cliente puede ordenar una Palm junto con una calculadora. El pedido se satisface con el inventario sólo si ambas, Palm y calculadora, están disponibles en la tienda. Las tasas de surtido de pedidos tienden a ser más bajas que las tasas de surtido del producto ya que todos los productos tienen que estar en inventario para surtir el pedido.

3. ***Nivel de servicio de ciclo (CSL,*** del inglés *cycle service level)* es la fracción de *ciclos de resurtido* que terminan satisfaciendo toda la demanda del cliente. Un ciclo de resurtido es el intervalo

entre dos entregas sucesivas de resurtido. El CSL es igual a la probabilidad de no tener desabasto en un ciclo de resurtido. El CSL debe medirse sobre un número específico de ciclos de resurtido. Si B&M ordena lotes de resurtido de 600 Palms, el intervalo entre la llegada de dos lotes de resurtido sucesivos es un ciclo de resurtido. Si el gerente de B&M administra el inventario de modo que la tienda no se quede sin éste en 6 de cada 10 ciclos de resurtido, la tienda logra un CSL de 60%. Observe que un CSL de 60% da como resultado una tasa de surtido (fill rate) más alta. En 60% de los ciclos en los que B&M no se queda sin inventario, se satisface toda la demanda del cliente con el inventario disponible. En 40% de los ciclos en los que ocurre el desabasto, la mayor parte de la demanda del cliente se satisface con el inventario. Sólo una pequeña fracción se pierde hacia el final del ciclo que llega después de que B&M se queda sin inventario. Como resultado, la tasa de surtido es mucho más alta que 60%.

La distinción entre la tasa de surtido del producto y la de surtido de pedidos no es significativa en una situación de producto único. Sin embargo, cuando una compañía vende múltiples productos, tal diferencia puede ser considerable. Por ejemplo, si la mayoría de los pedidos incluyen 10 o más productos diferentes que deben enviarse y no se cuenta con uno de estos productos en inventario, el resultado es que el pedido no puede satisfacerse con el inventario. En este caso, la compañía puede tener una mala tasa de surtido de pedidos, aun cuando tenga buenas tasas de surtido del producto. Es importante dar seguimiento a las tasas de surtido de pedidos cuando los clientes conceden un gran valor al hecho de que todo el pedido se surta de manera simultánea.

A continuación describimos dos estrategias de resurtido que con frecuencia se usan en la práctica.

POLÍTICAS DE RESURTIDO

Una política de resurtido entraña decisiones respecto a cuándo y cuánto reordenar. Estas decisiones determinan los inventarios de ciclo y de seguridad junto con la *fr* y el CSL. Las políticas pueden tomar diversas formas. Restringimos la atención a dos tipos:

1. ***Revisión continua:*** el inventario se supervisa continuamente y el pedido de un tamaño de lote Q se coloca cuando el inventario desciende hasta el punto de reorden (ROP, del inglés *reorder point*). Como ejemplo, consideremos al gerente de la tienda de B&M quien de modo constante da seguimiento al inventario de Palm. Él ordena 600 Palms cuando el inventario cae por debajo de 400 unidades. En este caso, el tamaño del pedido no cambia de un pedido al siguiente. El tiempo entre los pedidos puede fluctuar dada la demanda variable.

2. ***Revisión periódica:*** el estatus del inventario es verificado a intervalos regulares periódicos y el pedido se coloca para incrementar el nivel del inventario a un límite específico. Como ejemplo, consideremos la compra de película en B&M. El gerente no da seguimiento al inventario de película de manera continua. Cada sábado, los empleados verifican el inventario de película y el gerente ordena la cantidad suficiente para que el inventario disponible y el tamaño del pedido total sean iguales a 1,000 películas. En este caso, el tiempo entre los pedidos es fijo. No obstante, el tamaño de cada pedido puede fluctuar dada la demanda variable.

Estas políticas de inventario no son exhaustivas, pero bastan para ilustrar los temas administrativos clave que se relacionan con los inventarios de seguridad.

CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO DE CICLO Y LA TASA DE SURTIDO DADA UNA POLÍTICA DE RESURTIDO

Ahora analizamos los procedimientos para calcular el CSL y la *fr* dada una política de resurtido. En esta sección restringimos la atención a la política de revisión continua, la cual se estudia con detalle en la sección 11.5. Esta política consta de un tamaño de lote Q ordenado cuando el inventario disponible al ROP. Supongamos que la demanda semanal está distribuida de manera

normal con una media D y una desviación estándar σ_D. Estimemos un tiempo de espera de resurtido de L semanas.

Cálculo del inventario de seguridad dada una política de resurtido

En el caso de B&M, el inventario de seguridad corresponde al número promedio de Palms disponibles cuando llega el pedido de resurtido. Dado el tiempo de espera de L semanas y una media semanal de la demanda D, utilizando la ecuación 11.2, tenemos

$$\text{Demanda esperada durante el tiempo de espera} = DL$$

Dado que el gerente de la tienda coloca un pedido de resurtido cuando el número de Palms llega al ROP, tenemos

$$\text{Inventario de seguridad}, ss = ROP - DL \qquad \textbf{(11.3)}$$

Esto se debe a que, en promedio, se venderán DL Palms durante el periodo que abarca desde cuando se coloca el pedido hasta cuando llega el lote. Por tanto, el inventario promedio cuando llega el lote de resurtido será $ROP - DL$.

Ejemplo 11-1: **Cálculo del inventario de seguridad dada una política de inventario**

Supongamos que la demanda semanal de Palms en B&M Computer World se distribuye de manera normal, con una media de 2,500 y una desviación estándar de 500. El fabricante tarda dos semanas en surtir un pedido colocado por el gerente de B&M. El gerente de la tienda ordena 10,000 Palms cuando el inventario disponible cae a 6,000. Calcular el inventario de seguridad mantenido por B&M y el inventario promedio así como el tiempo promedio que pasa una Palm en B&M.

Análisis: Con esta política de resurtido, tenemos

Demanda promedio por semana, $D = 2{,}500$
Desviación estándar de la demanda semanal, $\sigma_D = 500$
Tiempo de espera promedio para el resurtido, $L = 2$ semanas
Punto de reorden, $ROP = 6{,}000$
Tamaño promedio del lote, $Q = 10{,}000$

Empleando la ecuación 11.3, tenemos, por tanto

$$\text{Inventario de seguridad}, ss = ROP - DL = 6{,}000 - 5{,}000 = 1{,}000$$

B&M mantiene un inventario de seguridad de 1,000 Palms. Del capítulo 10, recordemos que

$$\text{Inventario de ciclo} = Q/2 = 10{,}000/2 = 5{,}000$$

Así,

$$\text{Inventario promedio} = \text{inventario de ciclo} + \text{inventario de seguridad} = 5{,}000 + 1{,}000 = 6{,}000$$

B&M mantiene en promedio 6,000 Palms en inventario. Utilizando la ley de Little (ecuación 3.1), tenemos

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \text{inventario promedio/rendimiento} = 6{,}000/2{,}500 = 2.4 \text{ semanas}$$

Cada Palm pasa en promedio 2.4 semanas en B&M.

A continuación analizamos cómo calcular el CSL dada una política de resurtido.

Cálculo del nivel de servicio de ciclo dada una política de resurtido

Dada una política de resurtido, nuestra meta es calcular el CSL, la probabilidad de que no haya desabasto en un ciclo de resurtido. Regresemos a la política de resurtido de revisión continua de B&M que consiste en ordenar Q unidades cuando el inventario disponible cae hasta el ROP. El tiempo de espera es L semanas y la demanda semanal está distribuida de manera normal, con una media de D y una desviación estándar de σ_D. Observe que el desabasto ocurre en un ciclo si la demanda durante el tiempo de espera es mayor que el ROP. Por tanto, tenemos

$$CSL = \text{Prob(demanda durante el tiempo de espera de } L \text{ semanas} \leq ROP)$$

Para calcular esta probabilidad, necesitamos obtener la distribución de la demanda durante el tiempo de espera. A partir de la ecuación 11.2, sabemos que la demanda durante el tiempo de espera está distribuida normalmente, con una media de D_L y una desviación estándar de σ_L. Usando la notación para la distribución normal del apéndice 11A, el CSL es

$$CSL = F(ROP, D_L, \sigma_L) \qquad \textbf{(11.4)}$$

A continuación ilustramos este cálculo con el ejemplo 11-2.

Ejemplo 11-2: **Cálculo del nivel de servicio de ciclo dada una política de resurtido**
La demanda semanal de Palms en B&M está distribuida de manera normal, con una media de 2,500 y una desviación estándar de 500. El tiempo de espera de reaprovisionamiento es de dos semanas. Supongamos que la demanda es independiente de una semana a la otra. Calcular al CSL resultante de una política de ordenar 10,000 Palms cuando hay 6,000 en inventario.

Análisis: En este caso tenemos

$Q = 10{,}000, ROP = 6{,}000, L = 2$ semanas
$D = 2{,}500$/semanas, $\sigma_D = 500$

Observemos que B&M corre el riesgo de sufrir desabasto durante las dos semanas que transcurren entre el momento en que se coloca el pedido y el momento en que llega el resurtido. Por tanto, el hecho de que haya desabasto o no depende de la demanda durante el tiempo de espera de dos semanas.

Debido a que la demanda a través del tiempo es independiente, empleamos la ecuación 11.2 para obtener demanda durante el tiempo de espera que esté distribuida normalmente, con una media de D_L y una desviación estándar de σ_L, donde

$$D_L = DL = 2 \times 2{,}500 = 5{,}000 \qquad \sigma_L = \sqrt{L}\sigma_D = \sqrt{2} \times 500 = 707$$

Utilizando la ecuación 11.4, el CSL es evaluado como

$$CSL = \text{probabilidad de no sufrir desabasto en un ciclo} = F(ROP, D_L, \sigma_L) = F(6{,}000, 5{,}000, 707)$$

Usando la ecuación 11.19 del apéndice 11B, el CSL se evalúa empleando la función de Excel *NORMDIST* como sigue

$$CSL = F(ROP, D_L, \sigma_L) = NORMDIST(ROP, D_L, \sigma_L, 1)$$
$$= NORMDIST(6{,}000, 5{,}000, 707, 1) = 0.92$$

Un CSL de 0.92 implica que en 92% de los ciclos de resurtido, B&M satisface toda la demanda con el inventario disponible. En 8% restante de los ciclos, se presenta desabasto y parte de la demanda no se satisface debido a la falta de inventario.

A continuación estudiamos el cálculo de la tasa de surtido dada una política de resurtido.

Cálculo de la tasa de surtido dada una política de resurtido

Recordemos que la tasa de surtido mide la proporción de la demanda que se satisface con el inventario disponible. Esta tasa en general es una medida más relevante que el nivel de servicio de ciclo ya que permite al detallista estimar la fracción de la demanda que es convertida en ventas. Las dos medidas están estrechamente relacionadas, puesto que cuando se eleva el nivel de servicio de ciclo también se incrementa la tasa de surtido de la compañía. Nuestro análisis se enfoca en calcular la tasa de surtido para una política de revisión continua bajo la cual se ordenan Q unidades cuando la cantidad disponible cae hasta el ROP.

Para calcular la tasa de surtido es importante entender el proceso por el cual ocurre el desabasto durante el ciclo de resurtido. Éste se produce si la demanda durante el tiempo de espera excede al ROP. Por tanto, debemos calcular la cantidad promedio de demanda que rebasa el ROP en cada ciclo de resurtido.

El *desabasto esperado en el ciclo de reabastecimiento* (ESC, del inglés *expected shortage per replenishment cycle*) es el promedio de unidades de demanda que no se satisfacen con el inventario almacenado por ciclo de resurtido. Dado un tamaño de lote Q (el cual es también la demanda promedio en un ciclo de reabastecimiento), la fracción de la demanda perdida es ESC/Q. La tasa de surtido fr está dada por

$$fr = 1 - ESC/Q = (Q - ESC)/Q \qquad \textbf{(11.5)}$$

El desabasto se presenta en un ciclo de reabastecimiento sólo si la demanda durante el tiempo de espera excede el ROP. Sea $f(x)$ la función de densidad de la distribución de la demanda durante el tiempo de espera. El ESC está dada por

$$ESC = \int_{x=ROP}^{\infty} (x - ROP) f(x)\, dx \tag{11.6}$$

En el caso donde la demanda durante el tiempo de espera está distribuida de modo normal con una media D_L y una desviación estándar σ_L, dado un inventario de seguridad *ss*, la ecuación 11.6 puede ser simplificada a

$$ESC = -ss\left[1 - F_s\left(\frac{ss}{\sigma_L}\right)\right] + \sigma_L f_s\left(\frac{ss}{\sigma_L}\right) \tag{11.7}$$

donde F_s es la función de distribución normal estándar acumulada y f_s es la función de densidad normal estándar. Una descripción de la distribución normal se proporciona en el apéndice 11A. Los detalles de la simplificación de la ecuación 11.7 se describen en el apéndice 11C. Utilizando las funciones de Excel (ecuaciones 11.22 y 11.23) analizadas en el apéndice 11B, ESC puede ser evaluada (empleando la ecuación 11.7) como

$$\begin{aligned} ESC = & -ss[1 - NORMDIST(ss/\sigma_L, 0, 1, 1)] \\ & + \sigma_L\, NORMDIST(ss/\sigma_L, 0, 1, 0) \end{aligned} \tag{11.8}$$

Dado el ESC, podemos emplear la ecuación 11.5 para calcular la tasa de surtido *fr*. A continuación ilustramos este cálculo en el ejemplo 11-3.

Ejemplo 11-3: **Cálculo de la tasa de surtido dada una política de resurtido**
Del ejemplo 11-2, recordemos que la demanda semanal de Palms en B&M se distribuye de manera normal, con una media de 2,500 y una desviación estándar de 500. El tiempo de espera de resurtido es de dos semanas. Supongamos que la demanda es independiente de una semana a la otra. Calcular la tasa de surtido resultante de la política de ordenar 10,000 Palms cuando hay 6,000 en inventario.

Análisis: A partir del análisis del ejemplo 11-2, tenemos

Tamaño del lote, $Q = 10{,}000$
Demanda promedio durante el tiempo de espera, $D_L = 5{,}000$
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, $\sigma_L = 707$

Empleando la ecuación 11.3, tenemos

$$\text{Inventario de seguridad, } ss = ROP - DL = 6{,}000 - 5{,}000 = 1{,}000$$

De la ecuación 11. 8, tenemos que

$$\begin{aligned} ESC = & -1{,}000[1 - NORMDIST(1{,}000/707, 0, 1, 1)] \\ & + 707\, NORMDIST(1{,}000/707, 0, 1, 0) = 25 \end{aligned}$$

Por tanto, en promedio, en cada ciclo de reabastecimiento, los clientes demandan 25 Palms que no hay en inventario. Si se usa la ecuación 11.5, obtenemos la siguiente tasa de surtido:

$$fr = (Q - ESC)/Q = (10{,}000 - 25)/10{,}000 = 0.9975$$

En otras palabras, 99.75 de la demanda se satisface con el inventario almacenado. Este porcentaje es mucho más alto que el CSL de 92% que resultó en el ejemplo 11-2 para la misma política de resurtido.

Todos los cálculos del ejemplo 11-3 pueden ser realizados con facilidad en Excel, como se muestra en la figura 11-2.

Antes de continuar, debemos hacer algunas observaciones esenciales. Primero, observemos que la tasa de surtido (0.9975) del ejemplo 11-3 es significativamente más alta que el CSL (0.92) del ejemplo 11-2 para la misma política de resurtido. A continuación, al realizar de nuevo los ejemplos con un tamaño de lote diferente, podemos observar el impacto de los cambios en el tamaño del lote sobre el nivel de servicio. Incrementar el tamaño del lote de las Palms de 10,000 a

	A	B	C	D	E
1	*Datos*				
2	Q	R	σ_R	L	ss
3	10,000	2,500	500	2	1,000
4	*Distribución de la demanda durante el tiempo de espera*				
5	R_L	σ_L			
6	5,000	707			
7	*Nivel de servicio de ciclo y tasa de surtido*				
8	CSL	ESC	fr		
9	0.92	25.13	0.9975		

Celda	Fórmula en la celda	Ecuación
A6	=B3*D3	11.2
B6	=SQRT(D3)*C3	11.2
A9	=NORMDIST(A6+E3, A6, B6, 1)	11.4
B9	=-E3*(1-NORMDIST(E3/B6, 0, 1, 1)) + B6*NORMDIST(E3/B6, 0, 1, 0)	11.8
C9	=(A3-B9)/A3	11.5

FIGURA 11-2 Solución en Excel del ejemplo 11-3

20,000 no tiene efecto en el CSL (el cual permanece en 0.92). La tasa de surtido, sin embargo, ahora se incrementa a 0.9987. Esto se debe a que el incremento en el tamaño del lote da como resultado pocos ciclos de reabastecimiento. En el caso de B&M, un incremento en el tamaño del lote de 10,000 a 20,000 provoca que el resurtido ocurra una vez cada ocho semanas en lugar de una vez cada cuatro. Con un CSL de 92%, el tamaño de lote de 10,000 produce, en promedio, un ciclo con un desabasto por año. Con un tamaño de lote de 20,000, tenemos, en promedio, un desabasto cada dos años. Así, la tasa de surtido es más alta.

PUNTO CLAVE Tanto la tasa de surtido como el nivel de servicio de ciclo se incrementan conforme el inventario de seguridad lo hace. Para el mismo inventario de seguridad, un incremento en el tamaño del lote aumenta la tasa de surtido, pero no el nivel de servicio de ciclo.

Ahora, analicemos cómo se puede obtener el nivel apropiado del inventario de seguridad dado un CSL o tasa de surtido deseada.

CÁLCULO DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD DADO UN NIVEL DE SERVICIO DE CICLO O TASA DE SURTIDO DESEADOS

En muchas configuraciones prácticas, las compañías tienen un nivel deseado de disponibilidad del producto y quieren diseñar políticas de resurtido que logren tal nivel. Por ejemplo, Wal-Mart tiene un nivel deseado de disponibilidad de todos los productos que vende en la tienda. El gerente de la tienda debe diseñar una política de resurtido con el nivel apropiado de inventario de seguridad para cumplir con esta meta. El nivel deseado de disponibilidad del producto puede determinarse estableciendo un equilibrio entre el costo de mantener inventario con el costo del desabasto. Este equilibrio se analiza con detalle en el capítulo 12. En otros casos, el nivel deseado de disponibilidad del producto (en términos de CSL o tasa de surtido) se establece en forma explícita en los contratos, por lo que la administración debe diseñar las políticas de resurtido que logren la meta deseada.

Cálculo del inventario de seguridad requerido dado el nivel de servicio de ciclo deseado

Nuestra meta es obtener el nivel apropiado del inventario de seguridad dado el CSL deseado. Suponemos que se sigue una política de reabastecimiento de revisión continua. Consideremos

al gerente de la tienda Wal-Mart que es responsable del diseño de las políticas de resurtido de todos los productos de la tienda. Él ha establecido un CSL para la caja de bloques de construcción de Lego. Dado un tiempo de espera L, el gerente de la tienda quiere identificar un ROP adecuado y un inventario de seguridad que logre el nivel de servicio deseado. Supongamos que la demanda de Lego en Wal-Mart está distribuida normalmente y es independiente de una semana a la siguiente. Suponemos los siguientes datos:

Nivel de servicio de ciclo deseado = CSL
Demanda media durante el tiempo de espera = D_L
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera = σ_L

A partir de la ecuación 11.3, recordemos que $ROP = D_L + ss$. El gerente de la tienda necesita identificar el inventario de seguridad ss de manera que lo siguiente sea verdadero:

$$\text{Probabilidad (demanda durante el tiempo de espera} \leq D_L + ss) = CSL$$

Dado que la demanda está distribuida normalmente (empleando la ecuación 11.4), el gerente de la tienda debe identificar el inventario de seguridad ss de modo que lo siguiente sea verdadero:

$$F(D_L + ss, D_L, \sigma_L) = CSL$$

Dada la definición de la normal inversa del apéndice 11A, tenemos

$$D_L + ss = F^{-1}(CSL, D_L, \sigma_L) \quad \text{o} \quad ss = F^{-1}(CSL, D_L, \sigma_L) - D_L$$

Empleando la definición de la distribución normal estándar y su inversa del apéndice 11A, se puede demostrar que lo siguiente es verdadero:

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_L \qquad \textbf{(11.9)}$$

En el ejemplo 11-4 ilustramos el cálculo del inventario de seguridad dado un CSL deseado.

Ejemplo 11-4: **Cálculo del inventario de seguridad dado un nivel de servicio de ciclo deseado**
La demanda semanal de Lego en Wal-Mart está distribuida normalmente, con una media de 2,500 cajas y una desviación estándar de 500. El tiempo de espera de resurtido es de dos semanas. Suponiendo una política de resurtido de revisión continua, calcular el inventario de seguridad que la tienda debe mantener para lograr un CSL de 90%.

Análisis: En este caso tenemos

Q = 10,000, CSL = 0.9, L = 2 semanas
D = 2,500/semanas, $\sigma_D = 500$

Debido a que la demanda a través del tiempo es independiente, utilizamos la ecuación 11.2 para encontrar la demanda durante el tiempo de espera que esté distribuida normalmente con una media de D_L y una desviación estándar de σ_L, donde

$$D_L = DL = 2 \times 2{,}500 = 5{,}000 \qquad \sigma_L = \sqrt{L}\sigma_D = \sqrt{2} \times 500 = 707$$

Con las ecuaciones 11.9 y 11.24 del apéndice 11B, tenemos

$$ss = F_s^{-1}(CSL) \times \sigma_L = NORMSINV(CSL) \times \sigma_L = NORMSINV(0.90) \times 707 = 906$$

Por tanto, el inventario de seguridad requerido para lograr un CSL de 90% es 906 cajas.

Cálculo del inventario de seguridad requerido dada una tasa de surtido deseada

A continuación evaluamos el inventario de seguridad requerido dada una tasa de surtido deseada fr y el hecho de que se sigue una política de resurtido de revisión continua. Considere al gerente de la tienda Wal-Mart que busca una tasa de surtido fr para los bloques de construcción Lego. El tamaño del lote de resurtido actual es Q. El primer paso es obtener el ESC utilizando la ecuación 11.5. El desabasto esperado en el ciclo de reabastecimiento es

$$ESC = (1 - fr)Q$$

El siguiente paso es obtener un inventario de seguridad *ss* que resuelva la ecuación 11.7 (y su equivalente en Excel, ecuación 11.8) dado el ESC evaluado anteriormente. No es posible dar una fórmula que proporcione la respuesta. El inventario de seguridad apropiado que resuelve la ecuación 11.8 se obtiene con facilidad utilizando Excel y probando con diferentes valores de *ss*. En Excel, el inventario de seguridad puede conseguirse de modo directo si se emplea la herramienta *Buscar objetivo (GOALSEEK)*, como se ilustra en el ejemplo 11-5.

Ejemplo 11-5: **Cálculo del inventario de seguridad dada una tasa de surtido deseada**
La demanda semanal de Lego en Wal-Mart está distribuida normalmente, con una media de 2,500 cajas y una desviación estándar de 500. El tiempo de espera de resurtido es de dos semanas. En la actualidad, el gerente ordena lotes de resurtido de 10,000 cajas. Suponiendo una política de resurtido de revisión continua, calcular el inventario de seguridad que la tienda debe mantener para lograr una tasa de surtido de 97.5 por ciento.

Análisis: En este caso tenemos

Tasa de surtido deseada, $fr = 0.975$
Tamaño de lote, $Q = 10{,}000$ cajas
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, $\sigma_L = 707$

De la ecuación 11.5, obtenemos el ESC como

$$ESC = (1 - fr)Q = (1 - 0.975)10{,}000 = 250$$

Ahora, debemos resolver la ecuación 11.7 para el inventario de seguridad *ss*, donde

$$ESC = 250 = -ss\left[1 - F_s\left(\frac{ss}{\sigma_L}\right)\right] + \sigma_L f_s\left(\frac{ss}{\sigma_L}\right) = -ss\left[1 - F_s\left(\frac{ss}{707}\right)\right] + 707\, f_s\left(\frac{ss}{707}\right)$$

Utilizando la ecuación 11.8, puede reescribirse con las funciones de Excel de la siguiente manera:

$$250 = -ss[1 - NORMSDIST(ss/707)] + 707NORMDIST(ss/707) \qquad \textbf{(11.10)}$$

La ecuación 11.10 puede ser resuelta en Excel usando diferentes valores de *ss* hasta que la ecuación sea satisfecha. Un método más refinado para resolver la ecuación 11.10 es utilizar la herramienta de Excel *Buscar objetivo* (*GOALSEEK*) de la siguiente forma.

Primero, se prepara la hoja de cálculo como se muestra en la figura 11-3, donde la celda D3 puede tener cualquier valor para el inventario de seguridad *ss*.

Llame *Buscar objetivo (GOALSEEK)* utilizando el menú Herramientas | Buscar objetivo (Tools | Goal Seek). En el cuadro de diálogo Buscar objetivo, introduzca los datos como se ilustra en la figura 11-3 y haga clic en el botón Aceptar. En este caso, la celda D3 se cambia hasta que el valor de la fórmula en la celda A6 sea igual a 250.

FIGURA 11-3 Hoja de cálculo para obtener el valor de *ss* utilizando Buscar objetivo

	A	B	C	D
1	**Datos**			**Variable**
2	*fr*	σ_L	*Q*	*ss*
3	0.975	707	10000	67
4	**Fórmula**			
5	ESC			
6	250			

Goal Seek
Set cell: $A$6
To value: 250
By changing cell: $D$3
OK
Cancel

Celda	Fórmula en la celda	Ecuación
A6	-D3*(1-NORMSDIST(D3/B3)) + B3*NORMDIST(D3/B3, 0, 1, 0)	11.10

TABLA 11-1 Inventario de seguridad requerido para diferentes valores de la tasa de surtido

Tasa de surtido	*Inventario de seguridad*
97.5%	67
98.0%	183
98.5%	321
99.0%	499
99.5%	767

Empleando Buscar objetivo (*GOALSEEK*), tenemos un inventario de seguridad $ss = 67$ cajas como se muestra en la figura 11-3. Por tanto, el gerente de la tienda Wal-Mart debe manejar un inventario de seguridad de 67 cajas para lograr la tasa de surtido deseada de 97.5%.

A continuación, identificamos los factores que afectan el nivel requerido del inventario de seguridad.

IMPACTO DE LA DISPONIBILIDAD DESEADA DEL PRODUCTO Y LA INCERTIDUMBRE SOBRE EL INVENTARIO DE SEGURIDAD

Dos factores clave que afectan el nivel requerido de inventario de seguridad son el nivel deseado de disponibilidad del producto y la incertidumbre. Ahora, analizamos el impacto de cada factor sobre el inventario de seguridad.

Conforme la disponibilidad deseada del producto se incrementa, el inventario de seguridad requerido también lo hace debido a que la cadena debe ser capaz de dar cabida a la demanda excepcionalmente alta o a la oferta excepcionalmente baja. Para la situación de Wal-Mart del ejemplo 11-5, evaluamos el inventario de seguridad requerido para diversos niveles de tasa de surtido como se muestra en la tabla 11-1.

Observe que para aumentar la tasa de surtido de 97.5% a 98% se requieren 116 unidades adicionales de inventario de seguridad, mientras que para aumentar la tasa de surtido de 99.0% a 99.5% se necesitan 268 unidades adicionales de inventario de seguridad. Por tanto, el incremento marginal en el inventario de seguridad crece conforme aumenta la disponibilidad del producto. Este fenómeno resalta la importancia de seleccionar niveles adecuados de disponibilidad del producto. Es muy importante para el gerente estar consciente de los productos que requieren un alto nivel de disponibilidad y mantener inventarios de seguridad altos sólo para estos productos. No es apropiado seleccionar un nivel muy alto de disponibilidad del producto y requerirlo de manera arbitraria para todos los productos.

PUNTO CLAVE El inventario de seguridad requerido crece rápidamente con un incremento en la disponibilidad deseada del producto.

De la ecuación 11.9, vemos que el inventario de seguridad requerido *ss* se ve influido por la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, σ_L. La desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera se ve influida por la duración del tiempo de espera L, como también por la desviación estándar de la demanda periódica σ_D, como se presenta en la ecuación 11.2. Tal relación entre el inventario de seguridad y σ_D es lineal ya que un incremento en 10% en la σ_D ocasiona un incremento de 10% en el inventario de seguridad. El inventario de seguridad también se incrementa con un aumento en el tiempo de espera L. Sin embargo, el inventario de seguridad es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo de espera (si la demanda es independiente a través del tiempo) y, por tanto, crece más lentamente que el tiempo de espera mismo.

PUNTO CLAVE El inventario de seguridad requerido se incrementa con un aumento en el tiempo de espera y la desviación estándar de la demanda periódica.

Una de las metas de cualquier gerente es reducir el inventario de seguridad requerido de una manera que no afecte en forma adversa la disponibilidad del producto. El análisis anterior resalta dos herramientas administrativas clave que se utilizan para lograr dicha meta.

1. ***Reducción del tiempo de espera L del proveedor:*** Si el tiempo de espera disminuye por un factor de k, el inventario de seguridad requerido disminuye por un factor de $\sqrt{k}$. Aquí, la única advertencia es que la reducción del tiempo de espera del proveedor requiere un esfuerzo significativo por parte de éste, en tanto que la reducción del inventario de seguridad ocurre con el detallista. Por tanto, es importante para el detallista compartir algo de los beneficios resultantes, como se analiza en el capítulo 14. Wal-Mart, Seven-Eleven Japón, y muchos otros detallistas ejercen gran presión en sus proveedores con el fin de reducir el tiempo de espera de reabastecimiento. Los fabricantes como Dell también requieren que los proveedores reduzcan sus tiempos de espera. En cada caso, el beneficio se ha manifestado en la forma de un inventario de seguridad reducido.

2. ***Reducir la incertidumbre subyacente de la demanda (representada por σ_D):*** Si σ_D se reduce en un factor de k, el inventario de seguridad requerido también disminuye por un factor de k. Una reducción en σ_D se logra mediante una mejor inteligencia del mercado (*market intelligence*) y el uso de métodos de pronóstico más complejos. Seven-Eleven Japón proporciona a sus gerentes de tienda datos detallados acerca de la demanda anterior junto con informes del tiempo y otros factores que influyen en la demanda. Esta inteligencia del mercado permite a los gerentes realizar mejores pronósticos y reducir la incertidumbre. No obstante, en la mayoría de las cadenas, la clave para reducir la incertidumbre subyacente del pronóstico es vincular todos los pronósticos a lo largo de la cadena de suministro con los datos sobre la demanda del cliente. Mucha de la incertidumbre de la demanda existe sólo porque cada etapa de la cadena planea y pronostica de modo independiente. Esto distorsiona la demanda a lo largo de la cadena de suministro y aumenta la incertidumbre. Una coordinación mejorada, como se analiza en el capítulo 17, puede, con frecuencia, reducir la incertidumbre de la demanda en forma considerable. Tanto Dell como Seven-Eleven Japón comparten la información de la demanda con sus proveedores, reduciendo la incertidumbre y, por tanto, el inventario de seguridad dentro de la cadena.

11.3 IMPACTO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA OFERTA EN EL INVENTARIO DE SEGURIDAD

Hasta el momento, en nuestro análisis nos hemos centrado en situaciones con incertidumbre de la demanda en la forma de error de pronóstico. En muchas situaciones prácticas, la incertidumbre de la oferta también desempeña un papel significativo. Considere el caso de la planta de ensamblaje de Dell en Austin, Texas. Dell ensambla sus computadoras por pedido del cliente. Cuando planea el nivel de inventario de componentes, es evidente que debe considerar la incertidumbre de la demanda. Sin embargo, los proveedores pueden no ser capaces de entregar a tiempo los componentes requeridos por diversas razones. Asimismo, Dell debe tomar en cuenta esta incertidumbre en la oferta para planear su inventario de seguridad.

En nuestro análisis anterior consideramos que el tiempo de espera de resurtido era fijo. En esta sección reflexionamos en el caso en el cual el tiempo de espera es incierto e identificamos el impacto en la incertidumbre del tiempo de espera sobre los inventarios de seguridad. Suponemos que la demanda por periodo del cliente para las computadoras Dell y el tiempo de espera de resurtido se distribuyen normalmente. Tenemos los siguientes datos:

D: Demanda promedio por periodo
σ_D: Desviación estándar de la demanda por periodo
L: Tiempo de espera promedio de resurtido
s_L: Desviación estándar del tiempo de espera

Consideramos los requerimientos del inventario de seguridad dado que Dell sigue una política de revisión continua para administrar el inventario de componentes. Dell experimenta desabasto de componentes si la demanda durante el tiempo de espera excede el ROP; esto es, la cantidad disponible cuando Dell coloca un pedido de resurtido. Por tanto, necesitamos identificar la distribución de la demanda del cliente durante el tiempo de espera. Dado que tanto el tiempo de espera como la demanda periódica son inciertas, la demanda durante el tiempo de espera está distribuida normalmente con una media de D_L y una desviación estándar σ_L, donde

$$D_L = DL \qquad \sigma_L = \sqrt{L\sigma_D^2 + D^2 s_L^2} \tag{11.11}$$

Dada la distribución de la demanda durante el periodo de espera en la ecuación 11.11 y el CSL deseado, Dell puede obtener el inventario de seguridad requerido empleando la ecuación 11.9. Si la disponibilidad del producto se especifica como tasa de surtido, Dell puede conseguir el inventario de seguridad requerido usando el procedimiento descrito en el ejemplo 11-5. En el ejemplo 11-6, ilustramos el impacto de la incertidumbre del tiempo de espera sobre el nivel requerido de inventario de seguridad.

Ejemplo 11-6: **Impacto de la incertidumbre del tiempo de espera en el inventario de seguridad**
La demanda diaria de computadoras personales de Dell está distribuida normalmente, con una media de 2,500 y una desviación estándar de 500. Un componente fundamental en el ensamblaje de la PC es el disco duro. Su proveedor tarda en promedio $L = 7$ días en reabastecer el inventario de Dell. El objetivo de Dell es un CSL de 90% (que proporciona una tasa de surtido cercana a 100%) para su inventario de disco duro. Calcular el inventario de seguridad de los discos duros que Dell debe tener si la desviación estándar del tiempo de espera es de siete días. Dell está trabajando con un proveedor para reducir la desviación estándar a cero. Calcular la reducción en el inventario de seguridad que Dell puede esperar como resultado de esta iniciativa.

Análisis: En este caso tenemos

Demanda promedio por periodo, $D = 2{,}500$
Desviación estándar de la demanda por periodo, $\sigma_D = 500$
Tiempo de espera promedio para el resurtido, $L = 7$ días
Desviación estándar del tiempo de espera, $s_L = 7$ días

Primero, evaluamos la distribución de la demanda durante el tiempo de espera. Utilizando la ecuación 11.11, tenemos

Demanda media durante el tiempo de espera, $D_L = DL = 2{,}500 \times 7 = 17{,}500$

Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera $\sigma_L = \sqrt{L\sigma_D^2 + D^2 s_L^2}$

$$= \sqrt{7 \times 500^2 + 2{,}500^2 \times 7^2} = 17{,}550$$

El inventario de seguridad requerido se obtiene con las ecuaciones 11.9 y 11.24 como sigue:

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_L = NORMSINV(CSL) \times \sigma_L = NORMSINV(0.90) \times 17{,}550$$
$$= 22{,}491 \text{ discos duros}$$

Si la desviación estándar del tiempo de espera es siete días, Dell debe mantener un inventario de seguridad de 22,491 discos. Observemos que esto es equivalente a cerca de nueve días de demanda de discos duros.

En la tabla 11-2 proporcionamos el inventario de seguridad requerido en tanto Dell trabaja con el proveedor para reducir la desviación estándar del tiempo de espera a cero. A partir de la tabla 11-2, observamos que la reducción en la incertidumbre del tiempo de espera permite a Dell reducir su inventario de seguridad de discos duros en forma significativa. Como la desviación estándar del tiempo de espera se reduce de siete a cero, la cantidad de inventario de seguridad disminuye de nueve días de demanda a menos de un día de demanda.

El ejemplo anterior destaca el impacto de la variabilidad del tiempo de espera sobre los requerimientos de inventario de seguridad (y, por tanto, el tiempo de flujo de los materiales) y los posibles grandes beneficios de reducir la variabilidad del tiempo de espera o mejorar las entregas a tiempo. Con frecuencia, los cálculos del inventario no incluyen en la práctica ninguna medida de la incertidumbre de la oferta, lo que provoca niveles que pueden ser más bajos de lo requerido. Esto afecta la disponibilidad del producto.

TABLA 11-2 Inventario de seguridad requerido como función de la incertidumbre del tiempo de espera

σ_R	σ_L	*ss (unidades)*	*ss (días)*
6	15,058	19,298	7.72
5	12,570	16,109	6.44
4	10,087	12,927	5.17
3	7,616	9,760	3.90
2	5,172	6,628	2.65
1	2,828	3,625	1.45
0	1,323	1,695	0.68

PUNTO CLAVE Una reducción en la incertidumbre de la oferta puede ayudar a disminuir de manera drástica la incertidumbre del inventario de seguridad sin vulnerar la disponibilidad del producto.

En la práctica, la variabilidad del tiempo de espera de la oferta se debe a prácticas tanto del proveedor como de la parte que recibe el pedido. En ocasiones, los proveedores cuentan con herramientas deficientes de planeación que no les permiten programar la producción de modo que pueda ser ejecutada. En la actualidad, la mayor parte del software de planeación de cadenas de suministro dispone de valiosas herramientas de planeación de la producción que permiten a los proveedores prometer tiempos de espera que puedan cumplirse. Esto ayuda a reducir la variabilidad del tiempo de espera. En otros casos, el comportamiento de la parte que coloca el pedido con frecuencia incrementa la variabilidad del tiempo de espera. En un caso, el distribuidor colocaba pedidos con todos los proveedores el mismo día de la semana. Como resultado, todas las entregas llegaban el mismo día de la semana. El aumento repentino en las entregas hacía imposible que todas fueran registradas en el inventario el día que llegaban. Esto producía la percepción de que los tiempos de espera de la oferta eran largos y variables. Al nivelar los pedidos durante la semana, el tiempo de espera y la variabilidad del mismo se redujeron en gran medida, permitiendo al distribuidor reducir el inventario de seguridad.

A continuación analizamos cómo la agregación ayuda a reducir la cantidad del inventario de seguridad en la cadena.

11.4 IMPACTO DE LA AGREGACIÓN EN EL INVENTARIO DE SEGURIDAD

En la práctica, las cadenas de suministro tienen varios grados de agregación de inventario. Por ejemplo, HP vende computadoras a través de tiendas detallistas como Best Buy con inventarios distribuidos en todo Estados Unidos. Por el contrario, Dell tiene pocas instalaciones centralizadas desde las cuales se envían todos los pedidos de los clientes. Borders y Barnes & Noble venden libros y música en tiendas detallistas con inventarios distribuidos geográficamente a lo largo del país. En cambio, Amazon.com envía todos sus libros y música desde pocas instalaciones. Seven-Eleven Japón tiene muchas tiendas de conveniencia distribuidas densamente a lo largo de Japón. En contraste, los supermercados tienden a ser mucho más grandes, con pocas tiendas que no están densamente distribuidas.

Nuestro objetivo es entender de qué modo la agregación en cada uno de los casos mencionados afecta la precisión del pronóstico y los inventarios de seguridad. Considere k regiones, con una demanda en cada región distribuida de manera normal con las siguientes características:

D_i: Demanda semanal media en la región $i, i = 1, \ldots, k$
σ_i: Desviación estándar de la demanda semanal en la región $i, i = 1, \ldots, k$
ρ_{ij}: Correlación de la demanda semanal para las regiones $i, j, 1 \leq i \neq j \leq k$

Existen dos formas de atender la demanda en k regiones. Una es tener inventarios locales en cada región y la otra es agregar todos los inventarios en una instalación centralizada. El propósito es comparar los inventarios de seguridad en los dos casos. Con un tiempo de espera de resurtido L y un nivel de servicio de ciclo CSL, el inventario de seguridad total en el caso descentralizado es (empleando la ecuación 11.9):

$$\text{Inventario de seguridad total en la opción descentralizada} = \sum_{i=1}^{k} F_S^{-1}(CSL) \times \sqrt{L} \times \sigma_i \quad \textbf{(11.12)}$$

Si todos los inventarios se agregan en la ubicación centralizada, debemos calcular la distribución de la demanda agregada. Ésta se encuentra distribuida normalmente, con una media de D^C, una desviación estándar de σ_D^C, y una varianza (D^C) como sigue:

$$D^C = \textstyle\sum_{i=1}^{k} D_i \qquad \text{var}(D^C) = \sum_{i=1}^{k} \sigma_i^2 + 2\sum_{i>j} \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j \qquad \sigma_D^C = \sqrt{\text{var}(D^C)} \quad \textbf{(11.13)}$$

Si todas las k regiones tienen una demanda que es independiente ($\rho_{ij} = 0$) y están distribuidas en forma idéntica, con una media D y una desviación estándar σ, la ecuación 11.3 puede simplificarse como

$$D^C = kD \qquad \sigma_D^C = \sqrt{k}\sigma \quad \textbf{(11.14)}$$

El inventario de seguridad requerido en la ubicación centralizada está dado como

$$\text{Inventario de seguridad requerido con la agregación} = F_S^{-1}(CSL) \times \sqrt{L} \times \sigma_D^C \quad \textbf{(11.15)}$$

Los ahorros en el costo de mantener inventario que produce la agregación por unidad vendida se obtienen al dividir los ahorros en el costo de mantener inventario entre la demanda total kD. Si H es el costo de mantener por unidad, utilizando las ecuaciones 11.13 y 11.15 los ahorros por unidad son

Ahorros en el costo de mantener inventario que produce la agregación por unidad vendida

$$= \frac{F_S^{-1}(CSL) \times \sqrt{L} \times H}{D^C} \times \left(\sum_{i=1}^{k} \sigma_i - \sigma_D^C \right) \quad \textbf{(11.16)}$$

De la ecuación 11.13 se desprende que la diferencia $(\Sigma_{i=1}^{k}\sigma_i - \sigma_D^C)$ se ve influida por los coeficientes de correlación ρ_{ij}. Esta diferencia es grande cuando los coeficientes de correlación son cercanos a –1 (correlación negativa) y disminuye conforme se aproximan a +1 (correlación positiva). Los ahorros en inventario debidos a la agregación siempre son positivos con tal que los coeficientes de correlación sean menores que 1. A partir de la ecuación 11.16, llegamos a las siguientes conclusiones respecto al valor de la agregación.

- Los ahorros en el inventario de seguridad que produce la agregación aumentan con el nivel deseado de servicio de ciclo CSL.
- Los ahorros en el inventario de seguridad que produce la agregación aumentan con el tiempo de espera de resurtido L.
- Los ahorros en el inventario de seguridad que produce la agregación aumentan con el costo de mantener H.
- Los ahorros en el inventario de seguridad que produce la agregación disminuyen conforme los coeficientes de correlación se incrementan.

En el ejemplo 11-7 ilustramos los ahorros en el inventario que produce la agregación y el impacto del coeficiente de correlación en estos ahorros.

***Ejemplo 11-7:* Impacto de la correlación en el valor de la agregación**

Un distribuidor de automóviles BMW tiene cuatro tiendas que atienden toda el área de Chicago (opción desagregada). La demanda semanal de cada punto de venta está distribuida normalmente, con una media de $D = 25$ autos y una desviación estándar $\sigma_D = 5$. El tiempo de espera de reabastecimiento del fabricante es $L = 2$ semanas. Cada punto de venta cubre un área geográfica separada y la correlación de la demanda entre cualquier par de áreas es ρ. El distribuidor está considerando la posibilidad de reemplazar los cuatro puntos de venta con uno solo muy grande (opción agregada).

TABLA 11-3 Inventario de seguridad en las opciones agregada y desagregada

ρ	*Inventario de seguridad desagregado*	*Inventario de seguridad agregado*
0	36.24	18.12
0.2	36.24	22.92
0.4	36.24	26.88
0.6	36.24	30.32
0.8	36.24	33.41
1.0	36.24	36.24

Suponga que la demanda del punto de venta centralizado es la suma de la demanda de las cuatro áreas. El distribuidor desea obtener un CSL de 0.90. Compare el nivel del inventario de seguridad necesario en las dos opciones conforme el coeficiente de correlación ρ varia entre 0 y 1.

Análisis: Proporcionamos un análisis detallado para el caso donde la demanda en cada área es independiente (por ejemplo, $\rho = 0$). Para cada punto de venta tenemos

Desviación estándar de la demanda semanal,, $\sigma_D = 5$.
Tiempo de espera del resurtido, $L = 2$ semanas

Empleando la ecuación 11.12 con $\rho_{ij} = 0$, el inventario de seguridad requerido en la opción descentralizada para $CSL = 0.90$ es

$$\text{Inventario de seguridad total requerido, } ss = k \times F_S^{-1}(CSL) \times \sqrt{L} \times \sigma_D$$
$$= 4 \times F_S^{-1}(0.9) \times \sqrt{2} \times 5 = 36.24 \text{ automóviles}$$

Ahora, consideremos la opción agregada. Debido a que la demanda en las cuatro áreas es independiente, $\rho = 0$. Utilizando la ecuación 11.14, la desviación estándar de la demanda semanal agregada es

$$\text{Desviación estándar de la demanda semanal del punto de venta central, } \sigma_D^C = \sqrt{4} \times 5 = 10$$

Para un CSL de 0.90, el inventario de seguridad requerido para la opción agregada (empleando la ecuación 11.15) está dado como

$$ss = F_S^{-1}(0.90) \times \sqrt{L} \times \sigma_D^C = NORMSINV(0.90) \times \sqrt{2} \times 10 = 18.12$$

Si se usan las ecuaciones 11.12-11.15, el nivel requerido del inventario de seguridad para la opción desagregada como agregada puede obtenerse para diferentes valores de ρ, como se muestra en la tabla 11-3. Observe que el inventario de seguridad para la opción desagregada es más alto que para la opción agregada excepto cuando las demandas están correlacionadas de manera positiva. El beneficio de la agregación disminuye conforme la demanda de diferentes áreas se correlaciona en forma más positiva.

El ejemplo 11-7 y el análisis anterior demuestran que la agregación reduce la incertidumbre de la demanda y, por tanto, el inventario de seguridad requerido, siempre que la demanda que se está agregando no esté perfectamente correlacionada de modo positivo. La demanda de la mayoría de los productos no revela una correlación positiva perfecta entre las distintas regiones geográficas. Los productos como el aceite combustible muy probablemente tienen una demanda que se correlaciona de manera positiva entre las regiones cercanas. En contraste, los productos como la leche y el azúcar quizá tengan una demanda mucho más independiente entre las regiones. Si la demanda de diversas regiones geográficas es del mismo tamaño e independiente, la agregación reduce el inventario de seguridad en una cantidad equivalente a la raíz cuadrada del número de áreas agregadas. En otras palabras, si el número de ubicaciones independientes de almacenamiento disminuye por un factor de n, se espera que el inventario de seguridad promedio lo haga por un factor de $\sqrt{n}$. Este principio recibe el nombre de *ley de la raíz cuadrada*, la cual se ilustra en la figura 11-4.

La mayoría de las compañías de comercio electrónico explotan los beneficios de la agregación en términos de inventarios reducidos. El mejor ejemplo conocido al respecto es Amazon.com,

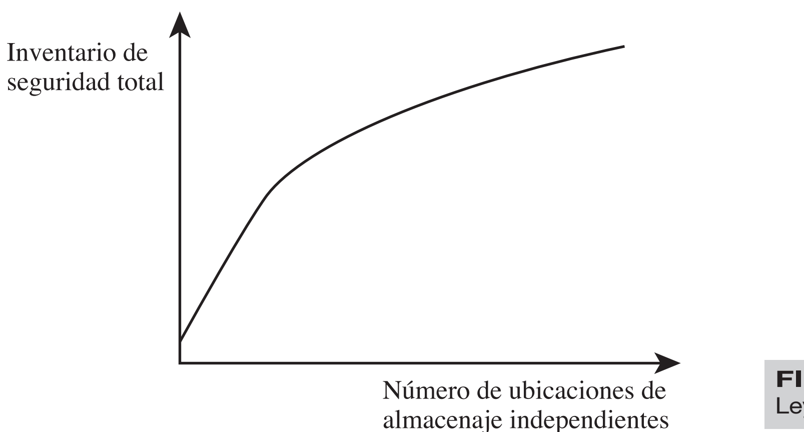


FIGURA 11-4
Ley de la raíz cuadrada

que ha agregado sus inventarios de libros y música en pocas ubicaciones. Como resultado, tiene niveles más bajos de inventarios de libros y música que las cadenas de librerías como Borders y Barnes & Noble, que deben mantener inventarios en cada tienda detallista.

A pesar de ello, existen situaciones en las que la agregación física de inventarios en una ubicación puede no ser óptima. Hay dos grandes desventajas de la agregación de todos los inventarios en una ubicación:

1. Incremento en el tiempo de respuesta al pedido del cliente
2. Aumento en el costo de transporte al cliente

Ambas desventajas se deben a que la distancia promedio entre el inventario y el cliente aumenta con la agregación. Con esta situación, el cliente debe viajar más para llegar al producto o el producto tiene que ser enviado a través de mayores distancias para llegar al cliente. Por ejemplo, una cadena como The Gap tiene la opción de construir muchos puntos de venta al detalle o pocos muy grandes. The Gap tiende a contar con muchos puntos de venta pequeños distribuidos de manera uniforme en las regiones ya que esta estrategia reduce la distancia que los clientes tienen que recorrer para llegar a la tienda. Si The Gap tuviera un punto de venta centralizado grande, la distancia promedio que los clientes necesitarían viajar se incrementaría y también el tiempo de respuesta. El deseo de disminuir el tiempo de respuesta al cliente es, así, el ímpetu que tiene la compañía por tener puntos de venta múltiples. Otro ejemplo es McMaster-Carr, un distribuidor de artículos de MRO que emplea a UPS para enviar productos a los clientes. Debido a que los costos de envío se basan en la distancia, tener un almacén centralizado aumenta tanto el costo de envío promedio como el tiempo de respuesta al cliente; razón por la que McMaster-Carr tiene seis almacenes que le permiten proporcionar entregas del día siguiente a una gran parte de Estados Unidos. Las entregas del día siguiente por parte de UPS no serían posibles a un costo razonable si McMaster-Carr tuviera sólo un almacén. Incluso Amazon.com, que comenzó con un almacén en Seattle, ha agregado más almacenes en otras partes del país en un esfuerzo por mejorar el tiempo de respuesta y reducir el costo de transporte al cliente.

Estos ejemplos resaltan los casos en los cuales la agregación física del inventario en una sola ubicación puede no ser óptima. No obstante, existen beneficios evidentes de agregar el inventario de seguridad. Ahora, podemos analizar varios métodos mediante los cuales la cadena puede extraer los beneficios de la agregación sin tener que centralizar físicamente todos los inventarios en una ubicación.

CENTRALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

McMaster-Carr utiliza la *centralización de la información* para agregar casi todos sus inventarios a pesar de tener seis ubicaciones de almacenamiento. La compañía ha establecido un sistema

de información que le permite acceder a los registros del inventario actual desde cada almacén. Por ejemplo, consideremos a un cliente en Chicago que ordena un motor y una bomba. Cuando llega el pedido del cliente, McMaster-Carr realiza una verificación inicial para ver si el almacén de Chicago puede surtir todo el pedido. Si es así, éste se envía desde ahí para minimizar el tiempo de respuesta y el costo de transporte.

Si el almacén de Chicago tiene motores, pero no bombas, McMaster-Carr consigue la bomba en el almacén más cercano que tenga la bomba en inventario. La bomba se envía del almacén a Chicago, donde se combina con el motor en un solo envío y se remite al cliente. Entonces, el inventario en todas las ubicaciones está disponible para todos los pedidos, sin importar dónde se originen. La centralización de la información permite a McMaster-Carr reducir el nivel de inventarios requeridos mientras proporciona un alto nivel de disponibilidad de los productos al agregar virtualmente todos los inventarios.

El beneficio de la centralización de la información se deriva del hecho de que la mayoría de los pedidos se satisfacen desde el almacén más cercano al cliente, conservando bajos los costos de transporte. En caso de desabasto, otros almacenes satisfacen el pedido, mejorando la disponibilidad del producto. Como resultado, McMaster-Carr puede mejorar la disponibilidad del producto sin incrementar su inventario de seguridad mientras que mantiene los costos de envío relativamente bajos.

Los detallistas como The Gap también emplean la centralización de la información de manera muy eficaz. Si una tienda no cuenta con la talla o color que el cliente solicita, los empleados de la tienda usan el sistema de información para comunicar al cliente cuál es la tienda más cercana que cuenta con el producto en inventario. Los clientes pueden acudir a la tienda o pedir que el producto se les entregue en su domicilio. The Gap emplea la centralización de la información para agregar virtualmente el inventario de todas las tiendas detallistas aun cuando el inventario se encuentre físicamente separado. Esto le permite reducir la cantidad de inventario de seguridad que mantiene y ofrecer un alto nivel de disponibilidad del producto.

Wal-Mart tiene un sistema de información que permite a los gerentes de la tienda localizar en otras tiendas el exceso de artículos que más se venden en sus tiendas. La empresa proporciona la transportación que posibilita el intercambio de los productos de manera que lleguen a las tiendas donde tienen una demanda alta. En este caso, Wal-Mart utiliza la información centralizada con un sistema de transporte que tiene una gran capacidad de respuesta para reducir la cantidad del inventario de seguridad que mantiene y ofrecer un alto nivel de disponibilidad de los productos.

ESPECIALIZACIÓN

La mayoría de las cadenas de suministro proporcionan una variedad de productos a sus clientes. Cuando se mantiene un inventario en ubicaciones múltiples, una decisión fundamental del gerente de la cadena es si todos los productos deben almacenarse en cada ubicación. Es evidente que un producto que no se vende en una región geográfica no debe mantenerse en inventario en el almacén o la tienda detallista ubicada ahí. Por ejemplo, no tiene sentido que una tienda de Sears del sur de Florida mantenga en inventario una gran variedad de botas para la nieve.

Otro factor importante que debe considerarse al tomar las decisiones sobre almacenamiento es la reducción en el inventario de seguridad que resulta de la agregación. Si ésta lo reduce en gran cantidad, es mejor mantener el producto en una ubicación central. Si la agregación reduce muy poco el inventario de seguridad, es preferible mantener el producto en múltiples ubicaciones descentralizadas para reducir el tiempo de respuesta y el costo de transporte.

La reducción en el inventario de seguridad debida a la agregación está muy influida por el coeficiente de variación de la demanda. Para un producto con un coeficiente muy bajo de variabilidad, la demanda desagregada puede ser pronosticada con precisión. Como resultado, el beneficio de la agregación es mínimo. Para un producto con un alto coeficiente de variación de la demanda, la demanda desagregada es muy difícil de pronosticar. En este caso, la agregación

mejora la precisión del pronóstico de modo importante, proporcionando grandes beneficios. Ilustramos esta idea en el ejemplo 11-8.

Ejemplo 11-8: **Impacto del coeficiente de variación en el valor de la agregación**
Suponga que W.W. Grainger, un proveedor de productos de MRO, tiene 1,600 tiendas distribuidas a lo largo de Estados Unidos. Consideremos dos productos: motores eléctricos grandes y limpiadores industriales. Los primeros son artículos de alto valor con demanda baja, mientras que los segundos son artículos de bajo valor con demanda alta. Cada motor cuesta 500 dólares y cada lata de limpiador, 30 dólares. La demanda semanal de motores en cada tienda se distribuye en forma normal, con una media de 20 y una desviación estándar de 40. La demanda semanal de los limpiadores en cada tienda está distribuida de manera normal con una media de 1,000 y una desviación estándar de 100. La demanda experimentada por cada tienda es independiente y el tiempo de espera del suministro tanto de motores como de limpiadores es de cuatro semanas. W.W. Grainger tiene un costo de mantener inventario de 25%. Para cada uno de los dos productos, calcular la reducción en los inventarios de seguridad que resultará si son eliminados de las tiendas y se mantienen sólo en un CD centralizado. Suponga un CSL de 0.95.

Análisis: El cálculo de inventarios de seguridad y el valor de la agregación para cada uno de los dos productos se muestra en la tabla 11-4. Todos los cálculos utilizan el método analizado previamente e ilustrado en el ejemplo 11-7. Como la tabla 11-4 presenta, el beneficio de centralizar los motores es mucho más grande que el de centralizar el limpiador. A partir de este análisis, W.W. Grainger debe almacenar el limpiador en las tiendas y los motores en un CD. Dado que el limpiador es un artículo de demanda alta, los clientes podrán recogerlo el mismo día en la tienda. Puesto que los motores son artículos de demanda baja, los clientes pueden estar dispuestos a esperar el día extra que tarda el envío desde el CD.

PUNTO CLAVE Mientras más alto sea el coeficiente de variación de un artículo, más grande será la reducción en los inventarios de seguridad como resultado de la centralización.

A los artículos con demanda muy baja se les conoce como *artículos de baja rotación* y, por lo común, poseen un alto coeficiente de variación, mientras que a los artículos de demanda alta se les conoce como *artículos de alta rotación* y, por lo general, tienen un bajo coeficiente de variación. Para muchas cadenas de suministro, especializar la red de distribución con artículos de

TABLA 11-4 Valor de la agregación en W.W. Grainger

	Motores	*Limpiadores*
Inventario almacenado en cada tienda		
Demanda media semanal por tienda	20	1,000
Desviación estándar	40	100
Coeficiente de variación	2.0	0.1
Inventario de seguridad por tienda	132	329
Inventario de seguridad total	211,200	526,400
Valor del inventario de seguridad	$105,600,000	$15,792,000
Inventario agregado en el CD		
Demanda agregada media semanal	32,000	1,600,000
Desviación estándar de la demanda agregada	1,600	4,000
Coeficiente de variación	0.05	0.0025
Inventario de seguridad agregado	5,264	13,159
Valor del inventario de seguridad	$2,632,000	$394,770
Ahorros		
Ahorro total en inventario que produce la agregación	$102,968,000	$15,397,230
Ahorro total en el costo de mantener inventario que produce la agregación	$25,742,000	$3,849,308
Ahorro en el costo de mantener por unidad vendida	$15.47	$0.046
Ahorros como porcentaje del costo del producto	3.09%	0.15%

alta rotación almacenados en lugares descentralizadas cercanos al cliente y artículos de baja rotación almacenados en un lugar centralizado puede reducir significativamente el inventario de seguridad sin afectar el tiempo de respuesta al cliente ni aumentar el costo de transporte. Así, la ubicación centralizada se especializa en los artículos de baja rotación.

Por supuesto, es necesario considerar otros factores al decidir la asignación de los productos que se almacenarán en cada lugar. Por ejemplo, un artículo que se considera de emergencia debido a que el cliente lo necesita con urgencia puede almacenarse en las tiendas aunque tenga un alto coeficiente de variación. Asimismo, se debe considerar el costo del artículo. Los artículos de alto valor proporcionan un mayor beneficio con la centralización que los artículos de bajo valor.

Es importante para las compañías que tienen tiendas tradicionales tomar en consideración la idea de la especialización al diseñar sus estrategias de comercio electrónico. Pensemos, por ejemplo, en una cadena de librerías como Barnes & Noble que es capaz de mantener alrededor de cien mil títulos en cada librería. Los títulos que vende se dividen en dos categorías generales: los best-séllers que tienen demanda alta y otros libros que tienen demanda mucho más baja. Barnes & Noble puede diseñar una estrategia de comercio electrónico según la cual, las librerías tradicionales mantienen en inventario los principales best-séllers. Además, mantienen uno o, cuando mucho, dos ejemplares de cada uno de los demás títulos, para que los clientes los hojeen. Los clientes pueden acceder a todos los títulos que no encuentren en la librería por medio de kioscos electrónicos en la tienda, los cuales proporcionan acceso al inventario de barnesandnoble.com. Esta estrategia permite a los clientes acceder a una variedad mayor de libros que la que hay en las librerías de Barnes & Noble, lo que posibilita colocar pedidos de libros de bajo volumen en barnesandnoble.com y comprar los títulos de alto volumen en la propia librería. Esta estrategia de especialización permite a Barnes & Noble agregar todos los artículos de baja rotación para que se vendan en el canal en línea. Todos los best-séllers se descentralizan y se llevan cerca del cliente. De este modo, la cadena reduce los costos de inventario para los artículos de baja rotación a expensas de costos de transporte un poco más altos. Para los artículos de alta rotación, la cadena proporciona un costo de transporte más bajo y mejor tiempo de respuesta al mantener artículos en sus tiendas detallistas cerca del cliente.

The Gap sigue una estrategia similar e integra su canal en línea con sus tiendas detallistas. Hay terminales en todas las tiendas para colocar pedidos en línea. Las tiendas mantienen artículos de alta rotación y el cliente puede ordenar colores o tallas de baja rotación en línea. Por lo tanto, The Gap es capaz de incrementar la variedad de los productos disponibles para los clientes al tiempo que mantiene bajos los inventarios de la cadena. Walmart.com ha empleado una estrategia de vender artículos de baja rotación en línea.

SUSTITUCIÓN DE PRODUCTOS

La *sustitución* se refiere al uso de un producto para satisfacer la demanda de otro. Existen dos casos donde esto se presenta:

1. ***Sustitución impulsada por el fabricante:*** En este caso, el fabricante o proveedor toma la decisión de sustituir. En general, el fabricante sustituye un producto de bajo valor que no hay en inventario por uno de alto valor. Por ejemplo, Dell puede instalar un disco duro de 120 gigabytes en un pedido que requiere un disco duro de 100, si no tiene este último en inventario.
2. ***Sustitución impulsada por el cliente:*** En este caso, los clientes toman la decisión de la sustitución. Por ejemplo, un cliente que entra a la tienda de Wal-Mart para comprar un galón de detergente puede comprar sólo medio galón si no encuentra el tamaño deseado. En este caso, el cliente sustituye el envase de un galón por uno de medio galón.

En ambos casos, explotar la sustitución permite a la cadena satisfacer la demanda empleando inventarios agregados, lo cual reduce el inventario de seguridad sin afectar la disponibilidad del producto. En general, dados dos productos o componentes, la sustitución puede ser unidi-

reccional (es decir, sólo uno de los productos [componentes] sustituye al otro) o bidireccional (es decir, cualquiera de los productos [componentes] sustituye al otro). Brevemente analizamos la sustitución unidireccional en el contexto de la sustitución impulsada por el fabricante y la sustitución bidireccional en el contexto de la sustitución impulsada por el cliente.

Sustitución unidireccional impulsada por el fabricante

Considere al fabricante de computadoras personales que vende de manera directa a los clientes y ofrece dispositivos que varían en tamaño entre 10 y 100 gigabytes. Los clientes pagan un precio de acuerdo al tamaño del dispositivo que seleccionaron, siendo más costosos los discos de mayor tamaño. Si el cliente ordena una unidad de 40 gigabytes y el fabricante no tiene discos de ese tamaño, existen dos opciones posibles: 1) retrasar o rechazar el pedido del cliente o 2) sustituir el dispositivo que no hay en inventario por uno de mayor tamaño (digamos, uno de 60 gigabytes) y satisfacer el pedido del cliente a tiempo. En el primer caso, existe la pérdida potencial de ventas futuras debido a que el cliente experimenta un retraso en la entrega. En el segundo, el fabricante instala un componente de mayor costo, lo que reduce el margen de utilidad de la compañía. Estos factores, junto con el hecho de que los dispositivos pequeños se pueden sustituir con los más grandes, deben considerarse al tomar las decisiones acerca del inventario de cada tamaño de disco.

La sustitución facilita al fabricante agregar la demanda de componentes, reduciendo los inventarios de seguridad requeridos. El valor de la sustitución se incrementa conforme la incertidumbre de la demanda lo hace. Así, el fabricante de computadoras personales debe considerar la sustitución para los componentes que muestran una muy alta incertidumbre a la demanda.

El grado deseado de sustitución está influido por el diferencial en costo entre los componentes de alto y bajo valor. Si el diferencial es muy pequeño, el fabricante debe agregar la mayor parte de la demanda y conservar la mayor parte de su inventario en la forma de componentes de alto valor. En la medida en que aumenta el diferencial en costo, el beneficio de la sustitución disminuye. En este caso, al fabricante de computadoras le será más rentable mantener inventarios de cada uno de los dos componentes y disminuir la cantidad de sustitución.

Asimismo, el nivel deseado de sustitución se ve influido por la correlación de la demanda de los productos. Si la demanda entre dos componentes está fuertemente correlacionada de manera positiva, existe poco valor en la sustitución. Conforme la demanda de los dos componentes se correlaciona de manera menos positiva, el beneficio de la sustitución aumenta.

PUNTO CLAVE La sustitución impulsada por el fabricante incrementa la rentabilidad total para éste al permitir algo de agregación de la demanda, lo cual reduce los requerimientos de inventario para el mismo nivel de disponibilidad.

Sustitución bidireccional impulsada por el cliente

Consideremos que W.W. Grainger vende dos marcas de motores, GE y SE, que tienen características de desempeño similares. Los clientes están dispuestos a comprar cualquiera de las marcas, dependiendo de la disponibilidad del producto. Si los gerentes de W.W. Grainger no reconocen la sustitución del cliente, no la alentarán. Para un nivel dado de disponibilidad de producto deben mantener altos niveles de inventario de seguridad de cada marca. Si los gerentes reconocen y alientan la sustitución del cliente, pueden agregar el inventario de seguridad de las dos marcas y, por tanto, mejorar la disponibilidad del producto.

W.W. Grainger sabe reconocer muy bien las sustituciones que realizan los clientes. Cuando un cliente llama o se pone en línea para hacer un pedido y el producto que solicita no está disponible, se le informa de inmediato la disponibilidad de todos los productos equivalentes que puede utilizar. La mayoría de los clientes compran finalmente un producto sustituto; en este caso, W.W. Grainger explota tal sustitución al administrar conjuntamente el inventario de seguridad de todos los productos sustituibles. El reconocimiento y la explotación de la sustitución

del cliente permite a W.W. Grainger ofrecer un alto nivel de disponibilidad del producto con niveles bajos de inventario de seguridad.

En el comercio detallista es muy importante entender bien la sustitución impulsada por el cliente. Debe explotarse al acomodar la mercancía para asegurar que los productos sustitutos se coloquen cerca unos de otros, permitiendo al cliente comprar uno si el otro está agotado. En el canal de Internet, la sustitución exige que el detallista presente la disponibilidad de productos sustitutos si el que desea el cliente se encuentra agotado. Así, la cadena de suministro es capaz de reducir el nivel de inventario de seguridad mientras que proporciona un alto nivel de disponibilidad del producto.

PUNTO CLAVE El reconocimiento de la sustitución impulsada por el cliente y la administración conjunta de inventarios de productos sustituibles permite a la cadena reducir el inventario de seguridad requerido al tiempo que asegura un alto nivel de disponibilidad del producto.

La incertidumbre de la demanda y la correlación de ésta entre los productos sustituibles influyen en el beneficio que recibe el detallista de la explotación de la sustitución. Mientras más grande sea la incertidumbre de la demanda, mayor será el beneficio de la sustitución. Mientras más baja sea la correlación de la demanda entre productos sustituibles, mayor será el beneficio que se obtenga de explotar la sustitución.

COMPONENTE COMÚN

En cualquier cadena de suministro, una cantidad significativa de inventario se mantiene en la forma de componentes. Un solo producto, como una PC, contiene cientos de componentes. Cuando la cadena produce una gran variedad de productos, los inventarios de los componentes pueden volverse fácilmente muy grandes. El uso de los componentes comunes en una gran variedad de productos es una estrategia eficaz de la cadena de suministro para explotar la agregación y reducir los inventarios de los componentes.

Dell vende miles de configuraciones diferentes de PC a los clientes. Una opción extrema para Dell es diseñar componentes diversos que sean adaptados al desempeño de una configuración en particular. En este caso, Dell usará distintos componentes de memoria, disco duro, módems y otros para cada uno de los productos terminados. La otra opción es diseñar productos tales que las diferentes combinaciones de los componentes den como resultado productos terminados heterogéneos.

Sin los componentes comunes, la incertidumbre de la demanda de cualquier componente es la misma que la de la demanda del producto terminado en que se utiliza. Dada la gran cantidad de componentes en cada producto terminado, la incertidumbre de la demanda será muy alta, lo que da como resultado altos niveles de inventario de seguridad. Cuando se diseñan productos con componentes comunes, la demanda de cada componente es una agregación de la demanda de todos los productos terminados de los cuales forma parte el componente. De este modo, la demanda del componente es más predecible que la de cualquier producto terminado. Este hecho reduce los inventarios mantenidos de los componentes en la cadena. Tal concepto ha sido un factor clave para el éxito en la industria de las computadoras y también ha incursionado con igual suerte en la industria del automóvil. Al incrementar la variedad del producto, el uso de componentes comunes es el factor esencial para reducir los inventarios de la cadena sin perjudicar la disponibilidad del producto. Ilustramos la idea básica en la que se basa el uso común de componentes en el ejemplo 11-9.

Ejemplo 11-9: **Valor del uso de componentes comunes**
Suponga que Dell está fabricando 27 computadoras diferentes con tres componentes distintos: procesador, memoria y disco duro. Con la opción desagregada, Dell diseña componentes específicos para cada computadora, lo que da como resultado $3 \times 27 = 81$ componentes distintos. Con la opción de componentes comunes, Dell diseña las computadoras de manera tal que tres

procesadores diferentes, tres unidades de memoria distintas y tres discos duros diversos pueden combinarse para crear 27 computadoras. Cada componente se usa así en nueve computadoras diferentes. La demanda mensual de cada una de ellas difiere y está distribuida normalmente, con una media de 5,000 y una desviación estándar de 3,000. El tiempo de espera de reabastecimiento de cada componente es de un mes. El objetivo de Dell es un CSL de 95% para el inventario de los componentes. Calcular los requerimientos de inventario de seguridad con y sin el uso de componentes comunes. Asimismo, calcular el cambio en los requerimientos del inventario de seguridad conforme el número de productos terminados de los cuales forma parte el componente varía de uno a nueve.

Análisis: Primero evaluamos la opción desagregada, en la cual los componentes son específicos para una computadora. Para cada componente tenemos

Desviación estándar de la demanda mensual = 3,000

Dado un tiempo de espera de un mes y un total de 81 componentes entre 27 computadoras diferentes, utilizamos la ecuación 11.12 para obtener

$$\text{Inventario de seguridad total requerido} = 81 \times \mathit{NORMSINV}(0.95) \times \sqrt{1} \times 3{,}000 = 399{,}699 \text{ unidades}$$

En el caso de componentes comunes, cada uno termina en nueve productos terminados distintos. De este modo, la demanda a nivel de componente es la suma de la demanda de los nueve productos diferentes. Usando las ecuaciones 11.14 y 11.15, el inventario de seguridad requerido para cada componente es

$$\text{Inventario de seguridad por componente común} = \mathit{NORMSINV}(0.95) \times \sqrt{1} \times \sqrt{9} \times 3{,}000 = 14{,}804 \text{ unidades}$$

Con el uso de componentes comunes existe un total de nueve componentes diferentes. El inventario de seguridad total de los nueve componentes es

$$\text{Inventario de seguridad total requerido} = 9 \times 14{,}804 = 133{,}236$$

Por tanto, teniendo cada componente común en nueve productos diferentes se consigue una reducción en el inventario de seguridad de Dell de 399,735 a 133,236 unidades.

En la tabla 11-5 evaluamos el beneficio marginal en términos de la reducción del inventario de seguridad como resultado de un incremento en el uso de componentes comunes. Iniciando con el inventario de seguridad requerido cuando cada componente es empleado en un solo producto terminado, evaluamos el inventario de seguridad a medida que el número de productos en que se usa un componente aumenta a nueve. Observamos que el uso de componentes comunes disminuye el inventario de seguridad que Dell requiere. Sin embargo, el beneficio marginal del uso común disminuye conforme un componente se usa en cada vez más productos terminados.

En la medida en que el componente se emplea en más productos terminados, necesita ser más flexible. Como resultado, el costo de producción del componente típicamente aumenta con el mayor uso en común. Dado que el beneficio marginal del uso de componentes comunes disminuye conforme se usan más de ellos, debemos establecer un equilibrio entre el incremento en el costo del componente y la disminución en el inventario de seguridad al decidir el nivel apropiado del uso en común del componente.

TABLA 11-5 Beneficio marginal del uso de componentes comunes

Número de productos terminados por componente	*Inventario de seguridad*	*Reducción marginal en el inventario de seguridad*	*Reducción total en el inventario de seguridad*
1	399,699		
2	282,630	117,069	117,069
3	230,766	51,864	168,933
4	199,849	30,917	199,850
5	178,751	21,098	220,948
6	163,176	15,575	236,523
7	151,072	12,104	248,627
8	141,315	9,757	258,384
9	133,233	8,082	266,466

PUNTO CLAVE El uso de componentes comunes disminuye el inventario de seguridad requerido. No obstante, el beneficio marginal se reduce con el creciente uso en común.

APLAZAMIENTO (POSTPONEMENT)

El *aplazamiento* es la capacidad de la cadena de suministro para retrasar la diferenciación del producto o personalización hasta que se acerca el momento de vender el producto. La meta es tener componentes comunes en la cadena de suministro durante la mayor parte de la fase de empuje y mover la diferenciación del producto tan cerca como sea posible de la fase de tirón de la cadena de suministro. Por ejemplo, Dell mantiene todo el inventario en la forma de componentes que son comunes para muchas configuraciones de computadoras personales. Una computadora se ensambla en la fase de tirón de la cadena después de que llega el pedido del cliente. De este modo, Dell produce variaciones del producto sólo cuando se conoce con certidumbre la demanda. El aplazamiento, combinado con el uso de componentes comunes, permite a Dell mantener inventarios de seguridad muy bajos en comparación con los de HP que vende a través de detallistas. Dado que HP debe acumular el inventario terminado con el detallista, ensambla para almacenar. Por tanto, HP debe pronosticar la demanda de cada configuración individual al ensamblar. El modelo de ventas directas de ensamblado por pedido de Dell se apoya en inventarios agregados en la forma de componentes, mientras que el modelo de vender a los clientes (*sell-through*) y ensamblar para almacenar se fundamenta en inventarios desagregados para cada configuración de computadora personal.

Otro ejemplo clásico de aplazamiento es el proceso de producción de Benetton para fabricar prendas tejidas de color. El proceso original requería hasta seis meses y consistía en teñir el hilo, tejerlo y luego ensamblar las prendas. Debido a que el color de la prenda final era fijado al momento en que el hilo se teñía, la demanda de cada color tenía que pronosticarse con mucha anticipación (hasta seis meses). Razón por la que Benetton desarrolló una tecnología de manufactura que le permitía teñir la prenda con el color apropiado. Ahora, el hilo *crudo* (término empleado para el hilo que no ha sido teñido) se compra, se teje y se ensambla para formar las prendas antes de ser teñido. El teñido de las prendas se realiza mucho más cerca de la temporada de ventas. De hecho, parte del teñido se lleva a cabo después de que comienza la temporada de ventas, cuando se conoce la demanda con gran precisión. En este caso, Benetton ha pospuesto la personalización del color de las prendas tejidas. Cuando se compra el hilo, sólo la demanda agregada de todos los colores debe pronosticarse. Dado que esta decisión se toma con mucha antelación, cuando es menos probable que los pronósticos sean precisos, existe una gran ventaja en esta agregación. Sin embargo, conforme Benetton se acerca a la temporada de venta, se reduce la incertidumbre del pronóstico. En el momento en que Benetton tiñe las prendas, la demanda se conoce con un alto grado de precisión. Así, el aplazamiento permite a la empresa explotar la agregación y reducir en gran medida el nivel de inventario mantenido. En la figura 11-5 se ilustra el flujo de la cadena con y sin aplazamiento.

Sin componentes comunes y aplazamiento, la diferenciación del producto ocurre casi al principio en la cadena y la mayor parte del inventario es desagregada. El aplazamiento permite a la cadena retrasar la diferenciación del producto. Como resultado, la mayoría de los inventarios de la cadena son agregados. Así, el aplazamiento permite a la cadena explotar la agregación para reducir los inventarios de seguridad sin perjudicar la disponibilidad del producto.

El aplazamiento es un concepto poderoso para el canal del comercio electrónico. Al ordenar por Internet, los clientes implícitamente están dispuestos a esperar un poco más para que llegue su pedido. Este retraso ofrece a la cadena la oportunidad de reducir los inventarios al aplazar la diferenciación del producto hasta después de que el cliente coloca el pedido. Es importante que el proceso de manufactura sea diseñado de modo que permita que el ensamblaje sea terminado con rapidez. Todos los fabricantes de computadoras personales están aplazando

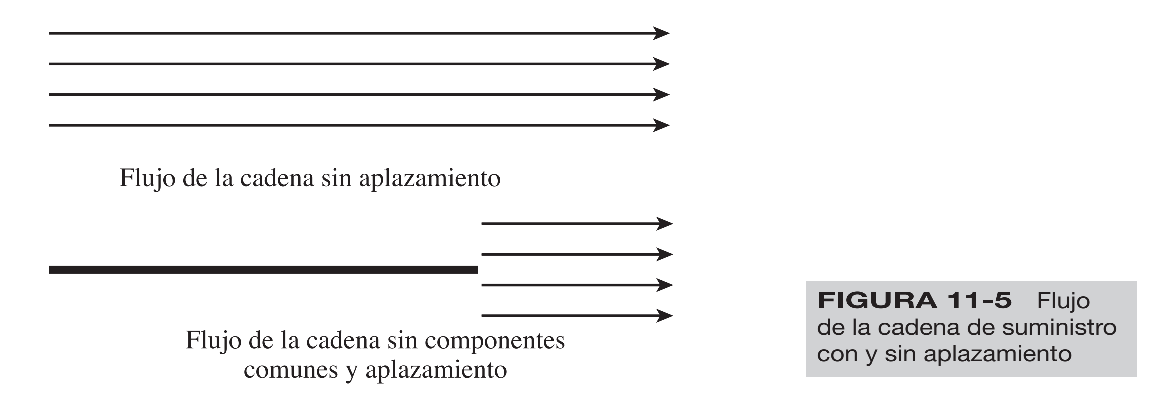


FIGURA 11-5 Flujo de la cadena de suministro con y sin aplazamiento

el ensamblaje de sus pedidos en línea. Varios fabricantes de muebles y ventanas también han aplazado una parte de los procesos de ensamblaje de sus pedidos.

11.5 IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE RESURTIDO EN EL INVENTARIO DE SEGURIDAD

En esta sección describimos el cálculo de los inventarios de seguridad para las políticas de resurtido de revisión continua y periódica. Resaltamos el hecho de que la revisión periódica requiere mucho más inventario de seguridad que la revisión continua para proporcionar el mismo nivel de disponibilidad del producto. Para simplificar la discusión, nos enfocamos en el CSL como la medida de la disponibilidad del producto. Las implicaciones administrativas son las mismas que si utilizáramos la tasa de surtido (fill rate); sin embargo, el análisis es más complejo.

POLÍTICAS DE REVISIÓN CONTINUA

Dado que las políticas de revisión continua se discutieron con detalle en la sección 11.2, solamente reiteraremos los puntos principales. Al utilizar este tipo de política, el gerente ordena Q unidades cuando el inventario cae hasta el ROP. Claramente, una política de revisión continua requiere tecnología para supervisar el nivel del inventario disponible. Éste es el caso de muchas compañías como Wal-Mart y Dell, cuyos inventarios son vigilados continuamente.

Dado un CSL deseado, nuestra meta es identificar el inventario de seguridad requerido ss y el ROP. Suponemos que la demanda está distribuida de manera normal, con los siguientes datos:

D: Demanda promedio por periodo
σ_D: Desviación estándar de la demanda por periodo
L: Tiempo de espera promedio para el resurtido

ROP representa el inventario disponible para satisfacer la demanda durante el tiempo de espera L. El desabasto ocurre si la demanda durante el tiempo de espera es más grande que el ROP. Si la demanda entre periodos es independiente, la demanda durante el tiempo de espera está distribuida normalmente con la siguiente:

$$\text{Demanda media durante el tiempo de espera, } D_L = DL$$
$$\text{Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, } \sigma_L = \sqrt{L}\sigma_D$$

Dado el CSL deseado, el inventario de seguridad (ss) dado por la ecuación 11.9 y el ROP obtenido con la ecuación 11.3, se tiene

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_L = NORMSINV(CSL) \times \sigma_L, ROP = D_L + ss$$

El gerente que utiliza una política de revisión continua sólo debe tomar en cuenta la incertidumbre de la demanda durante el tiempo de espera. Esto se debe a que la vigilancia continua del inventario permite al gerente ajustar el momento de colocar el pedido de resurtido, dependiendo de la demanda experimentada. Si la demanda es muy alta, el inventario alcanza el ROP con más rapidez, lo que ocasiona que se coloque muy pronto un pedido de resurtido. Si la demanda es muy baja, el inventario cae muy lentamente hasta el ROP, lo que provoca un retraso del pedido de resurtido. Sin embargo, el gerente no tiene otro recurso durante el tiempo de espera una vez que se ha colocado el pedido de resurtido. Por tanto, el inventario de seguridad disponible debe cubrir la incertidumbre de la demanda durante este periodo.

En general, en las políticas de revisión continua el tamaño del lote ordenado se mantiene fijo entre los ciclos de resurtido. El tamaño del lote óptimo se puede calcular usando la fórmula de EOQ analizada en el capítulo 10.

POLÍTICAS DE REVISIÓN PERIÓDICA

En las políticas de revisión periódica, los niveles de inventario se revisan después de un periodo fijo de tiempo T y el pedido se coloca de manera que el nivel del inventario actual más el tamaño del lote de resurtido sea igual al nivel preespecificado llamado *nivel de referencia* (OUL, del inglés *order-up-to level*). El *intervalo de revisión* es el tiempo T entre pedidos sucesivos. Observe que el tamaño de cada pedido puede variar, dependiendo de la demanda experimentada entre pedidos sucesivos y el inventario resultante al momento de ordenar. Las políticas de revisión periódica son fáciles de implementar para los detallistas ya que no requieren que éstos tengan la capacidad de supervisar el inventario de manera continua. Los proveedores también optan por esta política ya que el resultado es la colocación de pedidos de resurtido a intervalos regulares.

Consideremos al gerente de la tienda Wal-Mart que es responsable del diseño de una política de resurtido para los bloques de construcción Lego. Él desea analizar el impacto en el inventario de seguridad si decide utilizar una política de revisión periódica. La demanda de juegos Lego está distribuida normalmente y es independiente de una semana a la otra. Suponemos los siguientes datos:

D: Demanda promedio por periodo
σ_D: Desviación estándar de la demanda por periodo
L: Tiempo de espera promedio del resurtido
T: Intervalo de revisión
CSL: Nivel de servicio de ciclo deseado

Con el fin de comprender el requerimiento del inventario de seguridad, damos seguimiento a la secuencia de acontecimientos a través del tiempo conforme el gerente de la tienda coloca los pedidos. El primero lo coloca en el tiempo 0 de manera que el tamaño del lote ordenado y el inventario disponible suman el nivel de referencia, OUL. Una vez que coloca el pedido, el lote de resurtido llega después del tiempo de espera L. El siguiente periodo de revisión es el tiempo T, cuando el gerente coloca el siguiente pedido, el cual llega en el tiempo $T + L$. El OUL representa el inventario disponible para satisfacer toda la demanda que surge entre los periodos 0 y $T + L$. La tienda Wal-Mart experimentará desabasto si la demanda durante el intervalo de tiempo entre 0 y $T + L$ excede el OUL. De esta forma, el gerente de la tienda debe identificar el OUL para que lo siguiente sea verdadero:

$$\text{Probabilidad (demanda durante } L + T \leq OUL) = CSL$$

El siguiente paso es calcular la distribución de la demanda durante el intervalo de tiempo $T + L$. Utilizando la ecuación 11.2, la demanda durante el intervalo de tiempo $T + L$, está distribuida normalmente, con

$$\text{Demanda media durante } T + L \text{ periodos, } D_{T+L} = (T + L)D$$

$$\text{Desviación estándar de la demanda durante } T + L \text{ periodos, } \sigma_{T+L} = \sqrt{T + L}\,\sigma_D$$

El inventario de seguridad en este caso es la cantidad en exceso de D_{T+L} mantenida por Wal-Mart durante el intervalo de tiempo $T + L$. El OUL y el inventario de seguridad *ss* están relacionados como sigue:

$$OUL = D_{T+L} + ss \quad \textbf{(11.15)}$$

Dado el CSL deseado, el inventario de seguridad (*ss*) requerido está dado por

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_{T+L} = NORMSINV(CSL) \times \sigma_{T+L} \quad \textbf{(11.16)}$$

El tamaño del lote promedio es igual al promedio de la demanda durante el periodo de revisión T y está dado como

$$\text{Tamaño del lote promedio, } Q = D_T = DT \quad \textbf{(11.17)}$$

Ilustramos la política de revisión periódica de Wal-Mart en el ejemplo 11-10.

Ejemplo 11-10: **Cálculo del inventario de seguridad para una política de revisión periódica**
La demanda semanal de Lego en Wal-Mart está distribuida normalmente, con una media de 2,500 cajas y una desviación estándar de 500. El tiempo de espera del resurtido es de dos semanas y el gerente ha decidido revisar el inventario cada cuatro semanas. Suponiendo una política de resurtido de revisión periódica, calcular el inventario de seguridad que la tienda debe mantener para proporcionar un CSL de 90%. Calcular el OUL para tal política.

Análisis: En este caso, tenemos

Demanda promedio por periodo, $D = 2{,}500$
Desviación estándar de la demanda por periodo, $\sigma_D = 500$
Tiempo de espera promedio para el resurtido, $L = 2$ semanas
Intervalo de revisión, $T = 4$ semanas

Primero obtenemos la distribución de la demanda durante el intervalo de tiempo $T + L$. Empleando la ecuación 11.2, la demanda durante el intervalo de tiempo $T + L$ está distribuida normalmente, con

$$\text{Demanda media durante } T + L \text{ periodos, } D_{T+L} = (T + L)D = (2 + 4)2{,}500 = 15{,}000$$

$$\text{Desviación estándar de la demanda durante } T + L \text{ periodos, } \sigma_{T+L} = \sqrt{T + L}\sigma_D$$
$$= 500(\sqrt{4 + 2}) = 1{,}225$$

A partir de la ecuación 11.6 (evaluada empleando la ecuación 11.24 del apéndice 11B), el inventario de seguridad requerido para un $CSL = 0.90$ está dado como

$$ss = F_S^{-1}(CSL) \times \sigma_{T+L} = NORMSINV(CSL) \times \sigma_{T+L}$$
$$= NORMSINV(0.90) \times 1{,}225 = 1{,}570 \text{ cajas}$$

Utilizando la ecuación 11.15, el OUL está dado por

$$OUL = D_{T+L} + ss = 15{,}000 + 1{,}570 = 16{,}570$$

El gerente de la tienda ordena la diferencia entre 16,570 y el inventario actual cada cuatro semanas.

Ahora, podemos comparar el inventario de seguridad requerido cuando se aplican políticas de revisión continua y periódica. Con la política de revisión continua, el inventario de seguridad se utiliza para cubrir la incertidumbre de la demanda durante el tiempo de espera L. Con una política de revisión periódica, el inventario de seguridad se emplea para cubrir la incertidumbre de la demanda durante el tiempo de espera y el intervalo de revisión $L + T$. Dado que la alta incertidumbre debe ser tomada en cuenta, las políticas de revisión periódica requieren un mayor nivel de inventario de seguridad. Este argumento puede verificarse al comparar los resultados en los ejemplos 11-4 y 11-10. Para un CSL de 90%, el gerente de la tienda requiere un inventario de seguridad de 906 cajas al utilizar la revisión continua y un inventario de seguridad de 1,570 cajas al emplear la revisión periódica.

PUNTO CLAVE Las políticas de resurtido de revisión periódica requieren más inventario de seguridad que las políticas de revisión continua para el mismo tiempo de espera y nivel de disponibilidad de producto.

Por supuesto, las políticas de revisión periódica son un poco más fáciles de implementar ya que no requieren un seguimiento continuo del inventario. Dado el amplio uso de los códigos de barra, los sistemas de punto de venta y la aparición de la tecnología de RFID, el seguimiento continuo de los inventarios es más común en la actualidad de lo que era en décadas pasadas. En algunos casos, las compañías dividen sus productos con base en su valor. Los productos de alto valor se administran utilizando políticas de revisión continua y los de bajo valor se administran con políticas de revisión periódica. Esto tiene sentido si el costo del seguimiento perpetuo del inventario es mayor que los ahorros en inventario de seguridad que resultan de cambiar todos los productos a una política de revisión continua.

11.6 ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD EN UNA CADENA DE SUMINISTRO MULTIESCALÓN

En nuestro análisis, hemos supuesto que cada etapa de la cadena tiene una distribución bien definida de la demanda y la oferta que se utiliza para establecer los niveles de inventario de seguridad. En la práctica, esto no ocurre así en una cadena multiescalón. Considere una cadena de suministro multiescalón con un proveedor que abastece a un detallista que vende al cliente final. El detallista necesita conocer la incertidumbre de la demanda y la oferta para establecer los niveles del inventario de seguridad. No obstante, la incertidumbre de la oferta se ve afectada por el nivel del inventario de seguridad que el proveedor elija mantener. Si el pedido del detallista llega cuando el proveedor tiene suficiente inventario, el tiempo de espera de la oferta es breve. En contraste, si el pedido del detallista llega cuando el proveedor sufre desabasto, el tiempo de espera de resurtido para el detallista se incrementa. De esta manera, si el proveedor incrementa su inventario de seguridad, el detallista puede reducir el inventario de seguridad que mantiene. Esto implica que el nivel del inventario de seguridad en todas las etapas de la cadena multiescalón debe estar relacionado.

Todo el inventario entre una etapa y el cliente final recibe el nombre de *inventario de escalón*, el cual, a nivel del detallista, es sólo el inventario del detallista o en el canal que va al detallista. Sin embargo, el inventario de escalón en el distribuidor incluye el inventario del distribuidor y de todos los detallistas que éste atiende. En una configuración multiescalón, los puntos de reorden y los niveles de referencia de cualquier etapa deben basarse en el inventario de escalón y no en el inventario local. Por tanto, un distribuidor debe decidir los niveles del inventario de seguridad con base en el nivel del inventario de seguridad mantenido por todos los detallistas que se surten de él. Mientras más inventario de seguridad mantengan los detallistas, menos inventario de seguridad necesita mantener el distribuidor. Conforme los detallistas disminuyen el nivel de seguridad del inventario que mantienen, el distribuidor tendrá que incrementar el suyo para asegurar un resurtido regular a los detallistas.

Si todas las etapas de la cadena tratan de administrar su inventario de escalón, se volverá importante el tema de cómo dividir el inventario entre las diversas etapas. Mantener un inventario corriente arriba en la cadena permite más agregación y, por tanto, una reducción de la cantidad del inventario requerido. Sin embargo, mantener inventarios corriente arriba aumenta la probabilidad de que el consumidor final tenga que esperar debido a que el producto no está disponible en una etapa cercana a él. Así, en una cadena de suministro multiescalón debe tomarse una decisión respecto al nivel del inventario de seguridad mantenido en las diferentes etapas. Si el inventario es muy costoso de mantener y los clientes están dispuestos a tolerar el retraso, es mejor incrementar la cantidad del inventario de seguridad mantenido corriente arriba, lejos del cliente final, para explotar los beneficios de la agregación. Si es económico mantener el inventario y los clientes son muy sensibles al tiempo, es mejor mantener más inventario de seguridad corriente abajo, cerca del cliente final.

11.7 PAPEL DE LA TI EN LA ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO

No es exageración decir que el uso de los sistemas de TI para mejorar la administración del inventario ha contribuido mucho a los ahorros en costo logrados hasta ahora en la mayoría de las cadenas de suministro. Hasta la década de los ochenta, el inventario se administraba por lo general mediante reglas generales, como mantener inventarios para tres meses de demanda en el almacén. Estos niveles con frecuencia (aunque no siempre) estaban lejos de ser apropiados, lo que daba como resultado muchos artículos que no se necesitaban y muy pocos de los que sí se requerían. A menudo, los errores eran muy grandes cuando los productos tenían una alta variabilidad de la demanda o diversos niveles críticos. Un segundo factor del exceso de inventarios era el hecho de que cada ubicación administraba sus inventarios en forma independiente, pasando por alto los inventarios de otras instalaciones. El resultado final era un sistema de inventarios abultado con niveles de servicio relativamente malos.

La primera contribución de los sistemas de TI fue pasar la administración del inventario de las reglas generales al establecimiento de inventarios con base en la demanda histórica y el nivel de servicio deseado. Tales sistemas permitieron este análisis para millones de SKU y para que los niveles de inventario fueran recalculados conforme la demanda cambiaba. Esta capacidad de analizar y modificar los inventarios en respuesta a los cambios en la demanda a menudo produce una disminución significativa de los inventarios y mejores niveles de servicio al mismo tiempo. Con el tiempo, los sistemas informáticos de administración de inventarios evolucionaron para incorporar técnicas más avanzadas para administrar el inventario. Éstas incluyen diferentes tipos de distribuciones de la demanda, aparte de la distribución normal, para mejorar el modelo de la demanda.

Uno de los mayores avances desde mediados de la década de los noventa ha sido la incorporación de modelos multiescalón que permiten el análisis de inventarios a lo largo de la red de la cadena de suministro en lugar de en cada ubicación por separado. Por lo común, los análisis locales llevan a la duplicación de los inventarios ya que cada uno establece sus niveles de inventario de manera independiente. El análisis multiescalón, por el contrario, trata de reducir los inventarios totales de la red mediante el posicionamiento adecuado de los inventarios. Las compañías más avanzadas han vinculado sus sistemas de inventario a los de sus proveedores y clientes. Esto es importante, puesto que la cantidad de inventario que uno necesita mantener depende de cuánto mantiene el cliente y cuánto tienen los proveedores o de lo que están produciendo. Además, los sistemas de TI permiten que las aplicaciones de administración del inventario se relacionen con la planeación de la producción de modo que las decisiones sobre el inventario se tomen en conjunto con las de producción.

Con el aumento en la variedad de productos, la reducción de los ciclos de vida de éstos y las rápidas fluctuaciones de la demanda, es casi imposible administrar inventarios en la actualidad sin el uso de sistemas informáticos. Éstos mejoran la administración de los inventarios gracias a su capacidad de actuar sobre un gran número de productos, a que pueden actualizarse con frecuencia y, por último, a que se coordinan con otros sistemas de planeación de la oferta y la demanda tanto dentro de la empresa como a lo largo de la cadena de suministro.

No obstante, hay muchas oportunidades para mejorar los sistemas de administración de inventarios. Un área de mejoramiento es el modelaje de la demanda en diferentes circunstancias. El uso de distribuciones de demanda excesivamente simplificadas con frecuencia es impreciso y puede llevar a niveles de inventario que son peores que los que se obtienen con la aplicación de reglas generales. Como ejemplo, considere el almacenamiento de la demanda de partes de repuesto en una instalación de producción. La demanda promedio de una parte podría ser muy baja, pero cuando se necesita, no sólo es fundamental, sino que quizá también se necesite un conjunto específico de otras partes. El modelaje de la demanda de todas las partes como normal e independiente es probable que produzca un resultado deficiente.

Otra área para mejorar los sistemas de administración de inventarios es la integración con otros sistemas de TI a lo largo de la cadena. El inventario amortigua la variación de la demanda y

la oferta dentro de la cadena. Así, si los sistemas de administración de inventarios no se comunican a la perfección con otros sistemas de planeación y ejecución, los niveles no serán los óptimos. En particular, es esencial que los sistemas de administración de inventarios se comuniquen con los de planeación de la demanda para incorporar el impacto de la estacionalidad y las promociones. La inhabilidad de los sistemas de administración de inventarios para proporcionar visibilidad y comunicarse eficazmente con otros sistemas casi siempre constituye el gran obstáculo para su éxito.

Dada la importancia de los inventarios, los vendedores de sistemas de administración son los proveedores principales de software de la cadena. Estas compañías incluyen a los vendedores de ERP SAP y Oracle y los proveedores de los mejores productos de software para cadena de suministro, i2 Technologies y Manugistics. Asimismo, existen numerosas compañías que se enfocan en varias industrias como la detallista, la de alta tecnología y la de manufactura industrial, que tienen un importante componente de administración de inventarios.

En resumen, los sistemas de administración de inventarios han desempeñado un papel central en el mejoramiento de la cadena de suministro. Es probable que la importancia de la TI crezca en el futuro a medida que más socios de la cadena empiecen a establecer sus niveles de inventario con base en el inventario y capacidad de los socios.

11.8 ESTIMACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD EN LA PRÁCTICA

1. *Tomar en cuenta el hecho de que la demanda de la cadena es irregular.* En la práctica, el fabricante o distribuidor no ordena una unidad a la vez, sino que ordena un lote grande. Por tanto, la demanda observada en las diferentes etapas de la cadena tiende a ser irregular. La irregularidad se suma a la variabilidad de la demanda. Éste no es un problema significativo cuando se aplican políticas de revisión periódica. Sin embargo, cuando se siguen políticas de revisión continua, la irregularidad puede llevar a una caída del inventario más allá del ROP antes de que se coloque el pedido de resurtido. En promedio, el inventario caerá por debajo del ROP por más de la mitad del promedio del tamaño de un pedido. La irregularidad puede ser tomada en cuenta en la práctica al elevar el inventario de seguridad propuesto en los modelos analizados previamente en la mitad del tamaño promedio del pedido.

2. *Ajustar las políticas de inventario si la demanda es estacional.* En la práctica, la demanda es estacional, con la media y la desviación estándar de la demanda variando con la época del año. De este modo, un punto de reorden dado o nivel de referencia puede corresponder a diez días de demanda durante la temporada de demanda baja y sólo a dos días de demanda durante la estación de la demanda pico. Si el tiempo de espera es de una semana, los desabastos ocurrirán con certeza durante la estación pico. En presencia de estacionalidad, no es apropiado seleccionar una demanda promedio o desviación estándar durante el año para calcular puntos de reorden y niveles de referencia fijos. Tanto la media como la desviación estándar de la demanda deben ajustarse al momento del año para reflejar el cambio de la demanda. Los ajustes correspondientes en los puntos de reorden, niveles de referencia e inventarios de seguridad deben hacerse durante el año. Los ajustes por los cambios en la demanda media durante el año son más relevantes que los ajustes por los cambios en la variabilidad.

3. *Usar la simulación para probar las políticas de inventario.* Dado que es probable que la demanda no esté distribuida normalmente y que sea estacional, es una buena idea probar y ajustar las políticas de inventario con una simulación por computadora antes de que sean implementadas. La simulación debe utilizar un patrón de demanda que en verdad refleje la demanda real, incluyendo cualquier irregularidad y estacionalidad. Las políticas de inventario obtenidas empleando los modelos analizados en el capítulo pueden probarse y ajustarse si se necesita para obtener los niveles de servicio deseados. Simulaciones eficaces pueden construirse si se usa Excel, como analizamos en el capítulo 12. La identificación de los problemas en una simulación puede ahorrar mucho tiempo y dinero en comparación con enfrentar estos problemas una vez que esté en uso la política sobre el inventario.

4. *Comenzar con un piloto.* Incluso una simulación no puede identificar todos los problemas que pueden surgir al utilizar una política de inventario. Una vez que una política de inventario ha sido seleccionada y probada empleando la simulación, es una buena sugerencia comenzar con la implementación de un programa piloto de productos que son representativos de toda la gama de productos en inventario. Al iniciar con un piloto, muchos de los problemas (en las políticas de inventario mismas y en el proceso de aplicar las políticas) se solucionan. Resolver tales conflictos antes de aplicar la política a todos los productos puede ahorrar mucho tiempo y dinero.

5. *Vigilar los niveles de servicio.* Una vez que se ha implementado la política es importante que su desempeño tenga un seguimiento y que sea vigilado. Esto es crucial ya que permite a la cadena identificar cuándo la política no funciona bien y hacer los ajustes antes de que el desempeño se vea afectado de manera considerable. El monitoreo requiere no sólo dar seguimiento a los niveles de inventario, sino a cualquier desabasto que pudiera ocurrir. Históricamente, las compañías no han dado seguimiento adecuado a los desabastos, en parte porque son difíciles de seguir y porque existe la percepción de que los desabastos afectan al cliente y no a la compañía. Por otro lado, los desabastos son difíciles de medir en una situación como la de un supermercado, donde el cliente no compra el producto cuando no lo ve en el anaquel. Sin embargo, existen maneras sencillas de estimar los desabastos. En el supermercado, la fracción de tiempo que el anaquel no tiene un producto puede ser empleada para estimar la tasa de surtido. De hecho, los desabastos son más fáciles de estimar en línea, puesto que se mide el número de clics de un producto agotado. Dada la fracción de clics que se convierten en pedidos y el tamaño promedio de un pedido, se puede estimar la demanda durante un desabasto.

6. *Enfocarse en la reducción de inventarios de seguridad.* Dado que a menudo el inventario de seguridad constituye una gran fracción de todo el inventario en la cadena, la capacidad de reducir el inventario de seguridad sin perjudicar la disponibilidad del producto puede incrementar considerablemente la rentabilidad de la cadena. Esto es particularmente importante en la industria de alta tecnología, donde los ciclos de vida de los productos son breves. En este capítulo, analizamos una gran variedad de herramientas administrativas que pueden ayudar a reducir el inventario de seguridad sin perjudicar la disponibilidad. Los gerentes de la cadena deben enfocarse en reducir los inventarios de seguridad sin perjudicar la disponibilidad. Los gerentes de la cadena de suministro tienen que centrarse continuamente en utilizar estas herramientas para reducir los inventarios de seguridad.

11.9 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender el papel del inventario de seguridad en la cadena de suministro.
   Los inventarios de seguridad ayudan a la cadena de suministro a ofrecer un alto nivel de disponibilidad del producto a los clientes a pesar de la variabilidad de la oferta y la demanda. Se mantiene sólo en caso de que la demanda exceda la cantidad pronosticada o el suministro llegue después de lo esperado.
2. Identificar los factores que influyen en el nivel requerido del inventario de seguridad.
   El inventario de seguridad se ve influido por la incertidumbre de la demanda, los tiempos de espera de resurtido, la variabilidad del tiempo de espera y la disponibilidad deseada del producto. En tanto uno de ellos se incremente, el inventario de seguridad lo hará también; además, el inventario de seguridad requerido también se ve influido por la política implementada. Las políticas de revisión continua requieren menos inventario de seguridad que las de revisión periódica.
3. Describir las diferentes medidas de la disponibilidad del producto.
   Las tres medidas básicas de la disponibilidad del producto son: la tasa de surtido del producto, la tasa de surtido del pedido y el nivel de servicio de ciclo. La primera es la fracción de la demanda de un producto que puede surtirse. La segunda es la fracción de pedidos que se surten por completo. La tercera es la fracción de los ciclos de resurtido en los cuales no ocurren desabastos.
4. Utilizar las herramientas administrativas disponibles para disminuir el inventario de seguridad y mejorar la disponibilidad del producto.

El nivel requerido del inventario de seguridad puede reducirse y la disponibilidad del producto puede mejorarse si la cadena de suministro logra disminuir la variabilidad de la demanda, los tiempos de espera de resurtido y la variabilidad de los tiempos de espera. Un cambio del monitoreo periódico al continuo puede ayudar a reducir los inventarios. Otra estrategia administrativa clave para reducir los inventarios de seguridad requeridos es explotar la agregación. Esto puede lograrse por medio de la agregación física de los inventarios, la agregación virtual de los inventarios mediante la centralización de la información, la especialización de los inventarios con base en el volumen de la demanda, la explotación de la sustitución, el uso de componentes comunes y el aplazamiento de la diferenciación del producto.

Preguntas de discusión

1. ¿Cuál es el papel del inventario de seguridad en la cadena de suministro?
2. Explique cómo una reducción en el tiempo de espera puede ayudar a la cadena de suministro a reducir el inventario de seguridad sin perjudicar la disponibilidad del producto.
3. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de las diversas medidas de la disponibilidad del producto?
4. Describa los dos tipos de políticas para ordenar y el impacto que cada una tiene en el inventario de seguridad.
5. ¿Cuál es el impacto de la incertidumbre de la oferta en el inventario de seguridad?
6. ¿Por qué Home Depot, que tiene pocas tiendas grandes, puede ofrecer un alto nivel de disponibilidad de los productos con menos inventarios que una cadena de ferreterías como Tru-Value, que tiene muchas tiendas pequeñas?
7. ¿Por qué Amazon.com puede ofrecer una gran variedad de libros y música con menos inventario de seguridad que una cadena de librerías que vende a través de tiendas detallistas?
8. En la década de los ochenta, la pintura era vendida por color y tamaño en las tiendas de pintura. En la actualidad, la pintura se mezcla de acuerdo con el color requerido. Analice el impacto, si lo hay, que tiene este cambio en los inventarios de seguridad en la cadena de suministro.
9. Una nueva tecnología permite imprimir libros en diez minutos. Borders ha decidido comprar estas máquinas para cada tienda. Debe decidir cuáles libros mantener en inventario y cuáles imprimir de acuerdo con la demanda empleando esta tecnología. ¿La recomendaría para los *best-séllers* o para los demás libros? ¿Por qué?

Ejercicios

1. La demanda semanal de los teléfonos celulares Motorola en Best Buy está distribuida de manera normal, con una media de 300 y una desviación estándar de 200. Motorola tarda dos semanas en surtir un pedido de Best Buy, que tiene una meta de CSL de 95% y monitorea su inventario en forma continua. ¿Cuánto inventario de seguridad de teléfonos celulares debe mantener Best Buy? ¿Cuál debe ser su ROP?
2. Reconsidere la tienda Best Buy del ejercicio 1. La gerente de la tienda ha decidido seguir una política de revisión periódica para administrar el inventario de teléfonos celulares. Ella planea ordenar cada tres semanas. Dado un CSL deseado de 95%, ¿cuánto inventario de seguridad debe mantener la tienda? ¿Cuál debe ser su OUL?
3. Suponga que la tienda Best Buy del ejercicio 1 tiene la política de ordenar teléfonos celulares en lotes de 500. La demanda semanal de los teléfonos celulares Motorola en la tienda está distribuida normalmente, con una media de 300 y una desviación estándar de 200. Motorola necesita dos semanas para surtir un pedido. Si la gerente tiene como objetivo una tasa de surtido de 99%, ¿cuánto inventario de seguridad debe mantener la tienda? ¿Cuál debe ser su ROP?
4. La demanda semanal de impresoras HP en la tienda Sam's Club está distribuida normalmente, con una media de 250 y una desviación estándar de 150. El gerente de la tienda monitorea continuamente el inventario y en la actualidad ordena 1,000 impresoras cada vez que el inventario cae a 600. A HP le toma dos semanas surtir un pedido. ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener la tienda? ¿Qué CSL logra Sam's Club como resultado de esta política? ¿Qué tasa de surtido logra la tienda?
5. Con la tienda Sam's Club del ejercicio 4, suponga que el tiempo de espera del suministro de HP está normalmente distribuido, con una media de 2 semanas y una desviación estándar de 1.5 semanas. ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener Sam's Club si pretende ofrecer un CSL de 95%?

¿Cómo cambia el inventario de seguridad requerido conforme la desviación estándar del tiempo de espera se reduce de 1.5 semanas a cero en intervalos de 0.5 semanas?

6. The Gap ha empezado a vender a través de su canal en línea junto con sus tiendas detallistas. La administración tiene que decidir qué productos mantener en las tiendas y qué otros mantener en el almacén central para que se vendan vía el canal en línea. The Gap actualmente tiene 900 tiendas detallistas en Estados Unidos. La demanda semanal de pantalones caqui, talla grande, en cada tienda está distribuida normalmente, con una media de 800 y una desviación estándar de 100. Cada par cuesta 30 dólares. La demanda semanal de suéteres de cachemira, de color morado, en cada tienda está distribuida normalmente, con una media de 50 y una desviación estándar de 50. Cada suéter cuesta 100 dólares. The Gap tiene un costo de mantener inventario de 25%. The Gap maneja todos los inventarios utilizando una política de revisión continua y el tiempo de espera del suministro de ambos productos es de cuatro semanas. El CSL objetivo es 95%. ¿Cuánta reducción en el costo de mantener por unidad vendida puede esperar The Gap si transfiere cada uno de los dos productos de las tiendas al canal en línea? ¿Cuál de los dos productos debe mantener The Gap en las tiendas y cuál debe mantener en su almacén central para el canal en línea? ¿Por qué? Suponga que la demanda de una semana a la otra es independiente.
7. Epson produce impresoras en su fábrica de Taiwán para venta en Europa. Las impresoras vendidas en distintos países difieren en términos de la fuente de poder y el idioma de los manuales. En la actualidad, Epson ensambla y empaca impresoras para venta en cada país. La distribución de la demanda semanal de los diferentes países está distribuida normalmente, con las medias y las desviaciones estándar de la tabla 11-6.

   Suponga que la demanda en los diversos países es independiente. Dado que el tiempo de espera de la fábrica de Taiwán es de ocho semanas, ¿cuánto inventario de seguridad requiere Epson en Europa si su objetivo es un CSL de 95%?

   Epson decide construir un CD central en Europa. Embarcará las impresoras base (sin fuente de poder) al CD. Cuando se reciba el pedido, el CD ensamblará las fuentes de poder, agregará los manuales y enviará las impresoras al país indicado. Las impresoras base seguirán fabricándose en Taiwán con un tiempo de espera de ocho semanas. ¿Cuánto inventario de seguridad espera ahorrar Epson como resultado?
8. Retome el ejercicio 7 sobre Epson. Cada impresora cuesta 200 dólares, y el costo de mantener inventario es de 25%. ¿Qué ahorro en el costo de mantener inventario puede esperar Epson como resultado de construir el CD europeo? Si el ensamblaje final agrega 5 dólares al costo de producción de cada impresora, ¿recomendaría la medida? Suponga que Epson es capaz de disminuir el tiempo de espera y entrega de su fábrica de Taiwán a cuatro semanas usando un buen sistema de información. ¿Cuánto ahorro en el costo de mantener puede esperar Epson sin el CD europeo? ¿Cuánto ahorro en el costo de mantener puede esperar con el CD europeo?
9. Regrese al ejercicio 7 sobre Epson. Estime que la demanda en países diferentes no es independiente. La demanda en un par cualquiera de países se correlaciona con un coeficiente de correlación de ρ. Calcule los ahorros en el costo de mantener inventario que Epson obtiene como resultado de construir el CD europeo conforme ρ se incrementa desde 0 (demanda independiente) a 1 (demanda perfectamente correlacionada positiva) en intervalos de 0.2.
10. Motorola obtiene los teléfonos celulares de su fabricante por contrato ubicado en China para atender el mercado estadounidense, el cual abastece desde un almacén ubicado en Memphis, Tennessee. La

TABLA 11-6 Demanda semanal de impresoras Epson en Europa

País	*Demanda media*	*Desviación estándar*
Francia	3,000	2,000
Alemania	4,000	2,200
España	2,000	1,400
Italia	2,500	1,600
Portugal	1,000	800
Reino unido	4,000	2,400

demanda diaria del almacén de Memphis está distribuida normalmente, con una media de 5,000 y una desviación estándar de 4,000. El almacén busca un CSL de 99%. La compañía está debatiendo si utilizar transporte marítimo o aéreo desde China. El transporte marítimo tiene un tiempo de espera de 36 días y cuesta 0.50 dólares por teléfono. El costo por aire tiene un tiempo de espera de 4 días y cuesta 1.50 dólares por teléfono. Cada teléfono cuesta 100 dólares y el costo de mantener inventario para Motorola es de 20%. Dado el tamaño de lote mínimo, Motorola ordenaría 100,000 teléfonos por vez (en promedio, una vez cada 20 días) si es por mar y 5,000 teléfonos por vez (en promedio, diariamente) si utilizara el transporte aéreo. Para empezar, suponga que Motorola asume la propiedad del inventario en cuanto se le entrega.

(a) Pensando que Motorola sigue una política de revisión continua, ¿qué punto de reorden e inventario de seguridad debe buscar el almacén al emplear el transporte marítimo o aéreo? ¿Cuántos días de inventario de seguridad y ciclo deberá mantener Motorola con cada política?
(b) ¿Cuántos días de inventario de ciclo debe mantener Motorola con cada política?
(c) Con una política de revisión continua, ¿recomendaría el transporte marítimo o aéreo si Motorola no es propietario del inventario mientras éste se encuentra en tránsito? ¿Su respuesta cambiaría si Motorola tuviera la propiedad del inventario mientras está en tránsito?

11. Retome la información del ejercicio 10. Suponga que Motorola sigue una política de revisión periódica. Dados los tamaños de lote por mar y por aire, Motorola tendría que colocar un pedido cada 20 días utilizando el transporte marítimo, pero podría ordenar todos los días si usa el transporte aéreo.
    (a) Suponga que Motorola sigue una política de revisión periódica. ¿Qué nivel de referencia e inventario de seguridad debe buscar el almacén si utiliza transporte marítimo o aéreo? ¿Cuántos días de inventario de seguridad deberá tener Motorola con cada política?
    (b) ¿Cuántos días de inventario de ciclo debe mantener Motorola con cada política?
    (c) Con la política de revisión periódica, ¿recomendaría el transporte marítimo o aéreo? ¿Cambia su respuesta si Motorola tiene la propiedad del inventario mientras está en tránsito?
12. DoorRed Pharmacy reabastece uno de los medicamentos que más venden con una política de revisión continua. La demanda diaria está distribuida normalmente, con una media de 300 y una desviación estándar de 100. El distribuidor puede procesar una petición de resurtido en dos días. La política de resurtido actual es ordenar 1,500 unidades cuando hay 750 unidades disponibles.
    (a) ¿Cuál es el nivel de servicio de ciclo que DoorRed logra con esta política?
    (b) ¿Cuál es la tasa de surtido que consigue con esta política?
    (c) ¿Qué cambio en la tasa de surtido lograría DoorRed si incrementara su punto de reorden de 750 a 800?
13. Regrese al ejercicio 12 de DoorRed Pharmacy. Para la medicina en cuestión, DoorRed quiere ajustar su punto de reorden de 750 para lograr una tasa de surtido de 99.9%. ¿Qué punto de reorden debe utilizar?
14. DoorRed Pharmacy tiene 25 puntos de venta al detalle en la región de Chicago. La política actual es mantener todos los medicamentos en cada punto de venta. Además, está estudiando la posibilidad de centralizar algunas medicinas en una sola ubicación. El costo de la entrega incrementaría en 0.02 dólares por unidad si la medicina es centralizada. El incremento en el cargo por entrega viene del costo adicional de operar el servicio de enlace de la ubicación central a cada una de las otras ubicaciones. En cada punto de venta, DoorRed tiene un resurtido semanal (se coloca un pedido de resurtido una vez cada siete días) y los pedidos de resurtido con los proveedores deben colocarse tres días antes de la entrega. DoorRed planea apegarse a reordenar una vez por semana incluso si la medicina está centralizada. DoorRed emplea costo de mantener inventario de 20% y pretende un nivel de servicio de ciclo de 90%. Suponga que la demanda es independiente en todas las tiendas.
    (a) Considere una medicina con una demanda diaria que está distribuida normalmente, con una media de 300 y una desviación estándar de 50. La medicina cuesta 10 dólares por unidad. ¿Cuál es el costo anual de mantener inventario en las tiendas detallistas? Si la medicina se centralizara en una ubicación, ¿cuál sería el costo anual de mantener inventario de seguridad en la ubicación central? ¿Cuál sería el incremento anual en el cargo por la entrega? ¿Recomendaría la centralización?

TABLA 11-7 Demanda en distribuidoras de automóviles

	Variante popular		*Variante no común*	
	Media	*Desviación estándar*	*Media*	*Desviación estándar*
Distribuidor grande	50	15	8	5
Distribuidor pequeño	10	5	2	2

(b) Ahora, considere una medicina con una demanda diaria que está distribuida normalmente, con una media de 5 y una desviación estándar de 4. La medicina cuesta 10 dólares por unidad. ¿Cuál es el costo anual de mantener inventario de seguridad en todos los puntos de venta? Si la medicina se centralizara en una ubicación, ¿cuál sería el costo anual de mantener inventario de seguridad en la ubicación centralizada? ¿Cuál sería el incremento anual en el cargo por entrega? ¿Recomendaría la centralización?

(c) ¿Cambia su respuesta respecto a (a) y (b) si la demanda a lo largo de los puntos de venta tiene un coeficiente de correlación de 0.5?

15. Toyota ha decidido establecer almacenes regionales donde algunas variantes del Scion serán personalizadas y embarcadas a los distribuidores previa solicitud. Personalizar y embarcar bajo pedido incrementará los costos de producción y transportación por auto en 100 dólares. Cada auto cuesta 20,000 dólares y Toyota tiene un costo de mantener inventario de 20%. Los autos en el distribuidor son propiedad de Toyota los primeros 90 días. De esta manera, para todos los efectos prácticos, Toyota es propietaria de todo el inventario, ya sea en las distribuidoras o en el almacén regional. Considere una región con cinco grandes distribuidores y 30 pequeños. Toyota ha dividido las variantes en dos grupos: variantes populares y variantes no comunes. La demanda semanal de las dos variantes en los dos tipos de distribuidores se muestra en la tabla 11-7. La meta es proporcionar un nivel de servicio de ciclo de 95% empleando una política de revisión continua. Los tiempos de espera de reaprovisionamiento para los distribuidores y los almacenes regionales son de cuatro semanas. La personalización y el embarque desde un almacén regional hasta un distribuidor pueden realizarse en un día y este tiempo puede pasarse por alto. Suponga que la demanda es independiente entre los distribuidores.

(a) ¿Cuánto inventario de seguridad de una variante popular necesita un distribuidor pequeño o uno grande?

(b) ¿Cuál es el inventario de seguridad requerido si para la variante popular (tanto para los distribuidores grandes como pequeños) se centraliza en el almacén regional de Toyota?

(c) ¿Cuál es el inventario de seguridad requerido si la variante popular en los distribuidores pequeños se centraliza en el almacén regional pero para los grandes distribuidores se descentraliza?

(d) Dado el costo adicional de personalización y transporte, ¿qué estructura recomendaría para la variante popular?

(e) Repita las partes (a) a (d) para la variante no común.

(f) ¿Cómo debe Toyota estructurar los inventarios en virtud de sus almacenes regionales?

16. Orion es una compañía global que vende copiadoras. Actualmente vende 10 variedades de copiadoras, con todo el inventario mantenido en la forma de producto terminado. El principal componente que diferencia las copiadoras es el subensamblaje de impresión. Una idea que se está analizando es introducir componentes comunes en el subensamblaje de impresión, de modo que el ensamblaje final pueda posponerse y sea posible mantener inventarios de componentes. Hoy día, cada copiadora cuesta 1,000 dólares en términos de componentes. Introducir el uso de componentes comunes en el subensamblaje de impresión incrementará los costos de los componentes a 1,025 dólares. Una de las 10 variantes representa 80% de la demanda total. La demanda semanal de esta variante está distribuida normalmente, con una media de 1,000 y una desviación estándar de 200. Cada una de las nueve variedades restantes tiene una demanda semanal de 28 con una desviación estándar de 20. Orion desea ofrecer 95% del nivel de servicio. El tiempo de espera de reabastecimiento de los componentes es de cuatro semanas. El ensamblaje de la copiadora puede ser terminado en cuestión de horas. Orion

administra todos los inventarios con una política de revisión continua y tiene un costo de mantener inventario de 20%.

(a) ¿Cuánto inventario de seguridad de cada variante debe mantener Orion sin el uso de componentes comunes? ¿Cuál es el costo anual de mantener inventario?
(b) ¿Cuánto inventario de seguridad se debe mantener en la forma de componentes si Orion utiliza componentes comunes en todas las variantes? ¿Cuál es el costo anual de mantener inventario? ¿Cuál es el incremento en el costo de los componentes si éstos se usan en común? ¿Está justificado el uso de componentes comunes en todas las variantes?
(c) ¿A qué costo se justificaría el uso de componentes comunes en todas las variedades?
(d) Ahora, considere el caso en el cual Orion usa componentes comunes sólo en las nueve variantes de demanda baja. ¿Qué reducción en el inventario de seguridad logra Orion en este caso? ¿Cuáles son los ahorros en cuanto al costo anual de mantener inventario? ¿Se justifica esta forma más restringida de uso de componentes comunes?
(e) ¿A qué costo se justificaría el uso de componentes comunes en todas las variantes de volumen bajo?

Bibliografía

Feitzinger, Edward y Hau L. Lee, “Mass Customization at Hewlett Packard”, *Harvard Business Review,* enero-febrero de 1997, pp. 116-121.

Geary, Steve, Paul Childerhouse y Denis Towill, “Uncertainty and the Seamless Supply Chain”, *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2002, pp. 52-61.

Kopczak, Laura y Hau L. Lee, *Hewlett-Packard Co.: Deskjet Printer Supply Chain (A),* Stanford University, Caso GS3A, 2001.

Lee, Hau L., “Design for Supply Chain Management: Concepts and Examples”, en R. Sarin (ed.), *Perspectives in Operations Management*, pp 45-65. Norwell, MA, Kluwer Academic Publishers, 1993.

Lee, Hau L. y Corey Billington, “Managing Supply Chain Inventory”, *Sloan Management Review,* primavera de 1992, pp. 65-73.

Lee, Hau L., Corey Billington y Brent Carter, “Hewlett-Packard Gains Control of Inventory and Service Through Design for Localization”, *Interfaces,* julio-agosto de 1993, pp. 1-11.

Nahmias, Steven, *Production and Operations Analysis,* Burr Ridge, IL, Richard P. Irwin, 1997.

Signorelli, Sergio y James L. Heskett, 1984, *Benetton (A)*, Harvard Business School, Caso 9-685-014, 1984.

Silver, Edward A., David Pyke y Rein Petersen, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling,* Nueva York, Wiley, 1998.

Tayur, Sridhar, Ram Ganeshan y Michael Magazine (eds.), *Quantitative Models for Supply Chain Management,* Boston, Kluwer Academic Publishers, 1999.

Trent, Robert J., “Managing Inventory Investment Effectively”, *Supply Chain Management Review,* marzo-abril de 2002, pp. 28-35.

Zipkin, Paul H., *Foundations of Inventory Management,* Boston, Irwin McGraw-Hill, 2000.

ESTUDIO DE CASO



ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS EN ALKO INC.

ALKO empezó en 1943 en un taller instalado por John Williams en la cochera de su casa en Cleveland. A John siempre le había gustado arreglar aparatos eléctricos y en febrero de 1948 obtuvo una patente para uno de sus diseños de accesorios de iluminación. Decidió producirlo en su taller e intentó venderlo en el área de Cleveland. El producto se vendió bien, y para 1957, ALKO había crecido y se había convertido en una compañía de 3 millones de dólares. Sus accesorios de iluminación eran famosos por su excelente calidad. Para entonces, vendía un total de cinco productos.

En 1963, la compañía de John empezó a cotizar en la bolsa de valores. Desde entonces, ha sido muy exitosa y ha comenzado a distribuir sus productos en todo Estados Unidos. Conforme se incrementó la competencia en la década de los ochenta, ALKO introdujo muchos diseños nuevos. Sin embargo, la rentabilidad de la empresa empezó a deteriorarse a pesar del hecho de que se había asegurado de que la calidad del producto no sufriera. El problema era que los márgenes habían empezado a reducirse conforme la competencia en el mercado se intensificaba. En ese momento, el consejo de administración decidió que era necesaria una reorganización completa, iniciando en los niveles más altos. Se contrató a Gary Fisher para reorganizar y reestructurar la compañía.

Cuando Fisher llegó en 1999, encontró una compañía tambaleándose. Pasó los primeros meses tratando de entender el negocio de la compañía y la manera en que estaba estructurada. Fisher se dio cuenta de que la clave estaba en el desempeño de la operación. Aunque la compañía siempre había sobresalido en el desarrollo y fabricación de nuevos productos, había dejado a un lado su sistema de distribución. El sentir dentro de la compañía era que una vez que uno fabricaba un buen producto, el resto se solucionaba por sí mismo. Fisher estableció un grupo de trabajo para revisar el sistema de distribución actual con el fin de que hiciera sus recomendaciones.

EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL

El grupo de trabajo observó que ALKO tenía 100 productos en su línea de 1999. Toda la producción se realizaba en tres instalaciones ubicadas en el área de Cleveland. Para propósitos de venta, Estados Unidos estaba dividido en cinco regiones, como se muestra en la figura 11-6. Un CD propiedad de ALKO operaba en cada una de estas regiones. Los clientes colocaban los pedidos en los CD, los cuales trataban de surtirlos con producto en inventario. Conforme el inventario de cualquier producto disminuía, el CD lo ordenaba a las plantas. Las plantas programaban la producción con base en los pedidos de los CD. Los pedidos eran transportados desde las plantas hasta los CD en cantidades de remolque completo (TL, por sus siglas en inglés) de carga puesto que los tamaños de los pedidos tendían a ser grandes. Por otro lado, los envíos desde el CD al cliente se realizaban en cargas consolidadas (LTL, por sus siglas en inglés). ALKO empleaba a otra compañía de camiones para ambos transportes. En 1999, los costos de TL de las plantas a los CD promediaban 0.09 dólares por unidad. Los costos de los embarques de LTL a los CD promediaban 0.10 dólares por unidad. En promedio, se requerían cinco días entre el momento en que el CD colocaba un pedido con la planta y el tiempo en que el pedido era entregado desde la planta.

La política en 1999 era almacenar cada artículo en todos los CD. Un estudio detallado de la línea de productos había

FIGURA 11-6 Regiones de ventas de ALKO



TABLA 11-8 Distribución de la demanda diaria en ALKO

	Región 1	*Región 2*	*Región 3*	*Región 4*	*Región 5*
Parte 1 M*	35.48	22.61	17.66	11.81	3.36
Parte 1 SD†	6.98	6.48	5.26	3.48	4.49
Parte 3 M*	2.48	4.15	6.15	6.16	7.49
Parte 3 SD†	3.16	6.20	6.39	6.76	3.56
Parte 7 M*	0.48	0.73	0.80	1.94	2.54
Parte 7 SD†	1.98	1.42	2.39	3.76	3.98

* M = Demanda media
† SD = Desviación estándar

demostrado que existían tres categorías básicas de productos en términos del volumen de ventas. Éstos se clasificaron como tipos Alto, Mediano y Bajo. Los datos de la demanda de un producto representativo de cada categoría se ilustran en la tabla 11-8. Los productos 1, 3 y 7 son representativos de los productos Alto, Medio y Bajo, respectivamente. De los 100 productos que ALKO vendió, 10 eran del tipo Alto, 20 del tipo Medio y 70 del tipo Bajo. Cada una de sus demandas era idéntica a la de sus productos representativos 1, 3, y 7 respectivamente.

El grupo de trabajo identificó que las capacidades de la planta permitían la producción de cualquier pedido razonable en cuatro días. Por tanto, la planta enviaba el pedido cuatro días después de recibirlo. Después de un día en tránsito, el pedido llegaba al CD. Los CD ordenaban con una política de revisión periódica en un intervalo de reorden de seis días. El costo de mantener inventario en que incurrían era de 0.15 dólares por unidad por día ya fuera que la unidad estuviera en tránsito o en almacén. Todos los CD mantenían inventarios de seguridad para asegurar un CSL de 95%.

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE DISTRIBUCIÓN

El grupo de trabajo recomendó que ALKO construyera un centro de distribución nacional (NDC, por sus siglas en inglés) a las afueras de Chicago. El grupo recomendó que ALKO cerrara sus cinco CD y trasladara todo su inventario al NDC. La capacidad del almacén se midió en términos del número total de unidades manejadas por año (es decir, la capacidad del almacén estaba dada en términos de la demanda que satisfacía el almacén). El costo de construir un almacén se muestra en la figura 11-7. Sin embargo, ALKO esperaba recuperar 50,000 dólares por cada almacén que cerraba. El CSL del NDC continuaría siendo 95%.

Dado que Chicago está cerca de Cleveland, el costo del transporte entrante de las plantas al NDC caería a 0.05 dólares por unidad. El tiempo de espera de resurtido para el NDC de Chicago continuaría siendo de cinco días (cuatro días para producción + un día de tránsito). No obstante, dado que se incrementó la distancia promedio, el costo del transporte saliente a los clientes desde el NDC aumentaría a 0.24 dólares por unidad.

Otras posibilidades que el grupo de trabajo consideró fueron la construcción de un centro de distribución nacional al tiempo que se mantenían los CD regionales abiertos. En este caso, algunos productos serían almacenados en los CD regionales, mientras que los demás serían almacenados en el NDC.

LA DECISIÓN DE FISHER

Gary Fisher ponderó el informe del grupo de trabajo. No habían detallado ninguna de las cifras en las que basaron su decisión, por lo que decidió calcularlas antes de tomar la suya.

PREGUNTAS

1. ¿Cuál es el costo anual de inventario y distribución del sistema de distribución actual?
2. ¿Cuáles son los ahorros que resultarían si se implementara la recomendación del grupo de trabajo y se estableciera un NDC? Calcule los ahorros cuando el coeficiente de correlación de la demanda en cualquier par de regiones varía de 0 a 0.5 a 1.0. ¿Recomendaría establecer un NDC?
3. Proponga otras opciones que Fisher debe tomar en consideración. Evalúe cada opción y recomiende un sistema de distribución que sea el más rentable para ALKO. ¿Qué tan dependiente es su recomendación del coeficiente de correlación de la demanda en las distintas regiones?

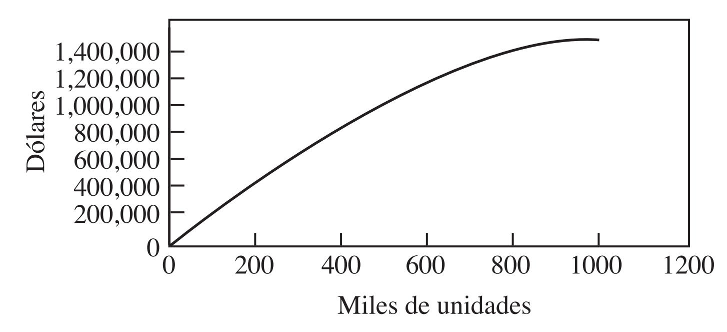


FIGURA 11-7 Costos de construcción para NDC

APÉNDICE 11A



LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

Una variable aleatoria continua X tiene una *distribución normal* con una media μ y una desviación estándar $\sigma > 0$ si la función de densidad de probabilidad $f(x, \mu, \sigma)$ de la variable aleatoria está dada por

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \qquad \textbf{(11.18)}$$

La función de densidad normal es la que se muestra en la figura 11-8.

La *función de distribución normal acumulada* se denota por $F(x, \mu, \sigma)$ y es la probabilidad de que una variable aleatoria distribuida normalmente con una media μ y una desviación estándar σ tome un valor menor que o igual a x. La función de distribución normal acumulada y la función de densidad están relacionadas de la manera siguiente:

$$F(x, \mu, \sigma) = \int_{X=-\infty}^{x} f(X, \mu, \sigma)dX$$

A una distribución normal con una media $\mu = 0$ y una desviación estándar $\sigma = 1$ se le conoce como *distribución normal estándar*. La función de densidad normal estándar se denota con $f_S(x)$ y la función de distribución normal estándar acumulada se denota por $F_S(x)$. Por tanto

$$f_S(x) = f(x, 0, 1) \text{ y } F_S(x) = F(x, 0, 1)$$

Dada la probabilidad p, la normal inversa $F^{-1}(p, \mu, \sigma)$ es el valor de x tal que p es la probabilidad de que la variable aleatoria normal tome un valor de x o menos. Por tanto, si $F(x, \mu, \sigma) = p$ entonces $x = F^{-1}(p, \mu, \sigma)$. El inverso de la distribución normal estándar se denota con $F_S^{-1}(p)$. Por tanto

$$F_S^{-1}(p) = F^{-1}(p, 0, 1).$$

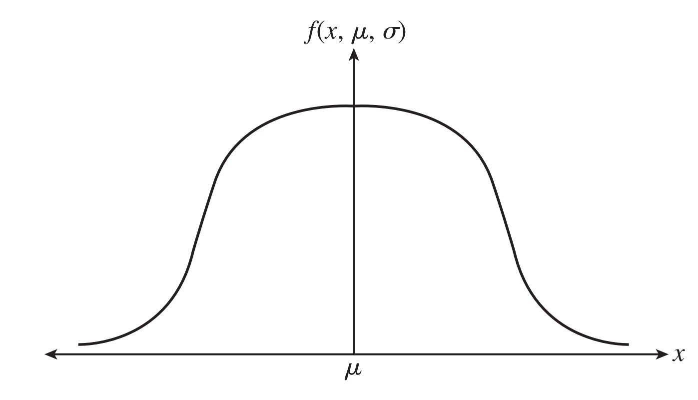


FIGURA 11-8
Función de densidad normal

APÉNDICE 11B

LA DISTRIBUCIÓN NORMAL EN EXCEL

Las siguientes funciones de Excel se pueden utilizar para calcular las diversas funciones de distribución normal:

$$F(x, \mu, \sigma) = NORMDIST(x, \mu, \sigma, 1) \quad \textbf{(11.19)}$$

$$f(x, \mu, \sigma) = NORMDIST(x, \mu, \sigma, 0) \quad \textbf{(11.20)}$$

$$F^{-1}(p, \mu, \sigma) = NORMINV(p, \mu, \sigma) \quad \textbf{(11.21)}$$

Las funciones de Excel para calcular las diversas funciones de distribución normal estándar se enlistan a continuación.

$$F_S(x) = NORMDIST(x, 0, 1, 1) \text{ o } NORMSDIST(x) \quad \textbf{(11.22)}$$

$$f_S(x) = NORMDIST(x, 0, 1, 0) \quad \textbf{(11.23)}$$

$$F_S^{-1}(p) = NORMSINV(p) \quad \textbf{(11.24)}$$

APÉNDICE 11C



COSTO DEL DESABASTO ESPERADO POR CICLO

Objetivo: Establecer una fórmula alternativa para el costo del desabasto esperado (ESC, por sus siglas en inglés) para que se evalúe usando Excel.

Análisis: Dado un punto de reorden de $ROP = D_L + ss$, el ESC está dado por

$$ESC = \int_{x=ROP}^{\infty} (x - ROP) f(x) dx$$

$$= \int_{x=D_L+ss}^{\infty} (x - D_L - ss) f(x) dx$$

Dado que la demanda durante el tiempo de espera está distribuida normalmente con una media D_L y una desviación estándar σ_L, tenemos (utilizando la ecuación 11.18)

$$ESC = \int_{x=D_L+ss}^{\infty} (x - D_L - ss) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_L} e^{-(x-D_L)^2/2\sigma_L^2}$$

sustituyendo lo siguiente

$$z = \frac{(x - D_L)}{\sigma_L}$$

Esto implica que

$$dx = \sigma_L dz$$

Por tanto, tenemos

$$ESC = \int_{z=ss/\sigma_L}^{\infty} (z\sigma_L - ss) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

$$= -ss \int_{z=ss/\sigma_L}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

$$+ \sigma_L \int_{z=ss/\sigma_L}^{\infty} z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

Recuerde que $F_S(.)$ es la función de distribución acumulada y $f_S(.)$ es la función de densidad de probabilidad para la distribución normal estándar con una media de 0 y una desviación estándar de 1. Usando la ecuación 11.18 y la definición de la distribución normal estándar, tenemos,

$$1 - F_S(y) = \int_{z=y}^{\infty} f_s(z) dz = \int_{z=y}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

Sustituimos $w = z^2/2$ en la expresión para ESC. Esto implica que

$$ESC = -ss[1 - F_S(ss/\sigma_L)] + \sigma_L \int_{w=ss^2/2\sigma_L^2}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-w} dw$$

o

$$ESC = -ss[1 - F_S(ss/\sigma_L)] + \sigma_L f_s(ss/\sigma_L)$$

Empleando la ecuación 11.22 y 11.23, el ESC puede evaluarse utilizando Excel como sigue:

$$ESC = -ss[1 - NORMDIST(ss/\sigma_L, 0, 1, 1)] + \sigma_L NORMDIST(ss/\sigma_L, 0, 1, 0)$$

CAPÍTULO 12

DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Identificar los factores que afectan el nivel óptimo de disponibilidad del producto y evaluar el nivel de servicio de ciclo óptimo.
2. Emplear las palancas administrativas que mejoran la rentabilidad de la cadena de suministro por medio de niveles de servicio óptimos.

En este capítulo exploramos el proceso para determinar el nivel óptimo de disponibilidad del producto que se ofrecerá a los clientes. El capítulo examina los componentes que se emplean para calcular el nivel de servicio óptimo y las diversas maneras en que el cálculo puede llevarse a cabo. Analizamos y demostramos cómo se usan las distintas palancas administrativas para mejorar la rentabilidad de la cadena al incrementar el nivel de disponibilidad del producto al tiempo que se reducen los inventarios.

12.1 IMPORTANCIA DEL NIVEL DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

El nivel de disponibilidad del producto se mide usando el nivel de servicio de ciclo o la tasa de surtido (fill rate), que son métricas de la cantidad de demanda del cliente satisfecha con los inventarios disponibles. El nivel de disponibilidad del producto, también conocido como nivel de servicio al cliente, es una de las principales medidas de la capacidad de respuesta de la cadena de suministro. Ésta puede utilizar un alto nivel de disponibilidad del producto para mejorar su capacidad de respuesta y atraer clientes, incrementando así los ingresos de la cadena. Sin embargo, un alto nivel de disponibilidad del producto requiere grandes inventarios, los cuales aumentan los costos de la cadena. Por tanto, ésta debe lograr un equilibrio entre el nivel de disponibilidad y el costo del inventario. El nivel óptimo de disponibilidad del producto es el que maximiza la rentabilidad de la cadena de suministro.

El que el nivel óptimo de disponibilidad sea alto o bajo depende de dónde considera la compañía que puede maximizar las utilidades. Por ejemplo, Nordstrom se ha enfocado en proporcionar un alto nivel de disponibilidad del producto para lo que ha aprovechado su reputación de tener una gran capacidad de respuesta para convertirse en una cadena de tiendas departamentales muy exitosa. No obstante, sus precios son mucho más altos que los que ofrece una tienda de descuento, donde el nivel de disponibilidad del producto es más bajo. Las plantas de energía aseguran que (casi) nunca se queden sin combustible ya que un apagón o cierre es muy costoso, lo que da como consecuencia varios días de pérdida de producción. Algunas plantas de energía tratan de mantener una reserva de combustible suficiente para varios meses con el fin de evitar cualquier posibilidad de que se termine. En contraste, la mayoría de los supermercados mantienen sólo unos pocos días de suministro de producto y las situaciones de desabasto ocurren con cierta frecuencia.

Con el comercio electrónico, la naturaleza de búsqueda de la Web permite al cliente comprar con facilidad en otra tienda si una sufre de desabasto. El ambiente competitivo presiona a los detallistas de la Web para incrementar su nivel de disponibilidad. De igual manera, la reñida competencia en el precio ha disminuido los precios en la Web. A los detallistas de la Web que tienen exceso de inventario les es difícil ser rentables. Proporcionar un nivel óptimo de disponibilidad de producto es, por tanto, fundamental para el éxito en la Web.

En los ejemplos descritos con anterioridad, las compañías proporcionan diferentes niveles de disponibilidad de producto. Todo gerente de la cadena de suministro debe utilizar factores que influyan en el nivel óptimo de disponibilidad del producto para establecer el nivel óptimo de disponibilidad del producto e identificar las palancas administrativas que incrementan el superávit de la cadena. A continuación, identificamos los factores que afectan el nivel óptimo de disponibilidad del producto.

12.2 FACTORES QUE AFECTAN EL NIVEL ÓPTIMO DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

Para entender los factores que influyen en el nivel óptimo de disponibilidad del producto, consideremos a L.L. Bean, una gran compañía de ventas de ropa por catálogo. Uno de los productos que vende es chalecos para esquiar, cuya temporada va de noviembre a febrero. En la actualidad, el comprador de L.L. Bean adquiere todo el suministro de la temporada a un fabricante antes de que comience la temporada de ventas. Proporcionar un alto nivel de disponibilidad de producto implica la compra de una gran cantidad de chalecos. Aunque tal nivel de disponibilidad de producto es probable que satisfaga toda la demanda que surja, quizá traiga como resultado una gran cantidad de chalecos no vendidos al final de la temporada, con lo que L.L. Bean tendrá pérdidas. En contraste, un bajo nivel de disponibilidad de producto tal vez ocasione que haya pocos chalecos no vendidos. Sin embargo, es probable que L.L. Bean deba rechazar clientes que estén dispuestos a comprar chalecos puesto que ya se agotaron. En este escenario, L.L. Bean pierde una posible utilidad al perder clientes. El comprador de L.L. Bean debe equilibrar la pérdida de tener muchos chalecos no vendidos (en el caso de que se ordenen más que la demanda) y la pérdida de utilidad por rechazar clientes (en el caso de que la cantidad de los chalecos ordenados sea menor que la demanda) al decidir el nivel de disponibilidad del producto.

El *costo de excedentes* se denota como C_o y es la pérdida que sufre una compañía por cada unidad sin vender al final de la temporada de ventas. El *costo de faltantes* se denota con C_u y es el margen que pierde una compañía por cada venta perdida debido a que no hay inventario disponible. El costo de faltantes debe incluir el margen perdido tanto de las ventas actuales como futuras si el cliente no regresa. En resumen, los dos factores clave que influyen en el nivel óptimo de disponibilidad del producto son:

- Costo de excedentes del producto
- Costo de faltantes del producto

Ilustramos y desarrollamos esta relación en el contexto de la decisión de compra en L.L. Bean. El primer aspecto a observar es que la decisión sobre el nivel óptimo de disponibilidad del producto tiene sentido sólo en el contexto de incertidumbre de la demanda. Por tradición, muchas compañías pronostican un estimado consensual de la demanda sin medir la incertidumbre. En este contexto, las compañías no toman la decisión respecto al nivel de disponibilidad; simplemente ordenan lo que indica el pronóstico consensual. En la última década, las compañías han aprendido a apreciar mejor la incertidumbre y han empezado a formular pronósticos que incluyen una medida de la incertidumbre. Al incorporar la incertidumbre y decidir el nivel óptimo de disponibilidad del producto pueden incrementar las utilidades en relación con utilizar un pronóstico por consenso.

TABLA 12-1 Distribución de la demanda de parkas en L.L. Bean

Demanda D_i (en cientos)	Probabilidad p_i	Probabilidad acumulada de que la demanda sea D_i o menos (P_i)	Probabilidad de que la demanda sea mayor que D_i
4	0.01	0.01	0.99
5	0.02	0.03	0.97
6	0.04	0.07	0.93
7	0.08	0.15	0.85
8	0.09	0.24	0.76
9	0.11	0.35	0.65
10	0.16	0.51	0.49
11	0.20	0.71	0.29
12	0.11	0.82	0.18
13	0.10	0.92	0.08
14	0.04	0.96	0.04
15	0.02	0.98	0.02
16	0.01	0.99	0.01
17	0.01	1.00	0.00

L.L. Bean tiene un comité de compras que decide acerca de la cantidad de cada uno de los productos que se ordenarán. Con base en la demanda de años anteriores, los compradores han estimado la distribución de la demanda de parkas de esquiar rojas (abrigos) para dama, que se muestra en la tabla 12-1. Ésta es una desviación de su práctica tradicional de emplear la demanda histórica promedio como pronóstico por consenso. Para simplificar el análisis, suponemos que toda la demanda está en cientos de parkas. Asimismo, el fabricante requiere que L.L. Bean coloque los pedidos en múltiplos de 100. En la tabla 12-1, p_i es la probabilidad de que la demanda sea igual a D_i, y P_i es la probabilidad de que la demanda sea menor o igual a D_i. A partir de la tabla 12-1, evaluamos la demanda esperada de parkas como

$$\text{Demanda esperada} = \sum D_i p_i = 1{,}026$$

Según la antigua política de ordenar el valor esperado, los compradores hubieran ordenado 1,000 parkas. Sin embargo, la demanda es incierta y la tabla 12-1 refleja que existe una probabilidad de 51% de que la demanda sea de 1,000 o menos. Por tanto, la política de ordenar 1,000 parkas da como resultado un nivel de servicio de ciclo de 51% en L.L. Bean. El comité de compras debe decidir el tamaño del pedido y el nivel de servicio de ciclo que maximizan las utilidades provenientes de la venta de parkas.

La pérdida que sufre L.L. Bean por las parkas sin vender y la utilidad que L.L. Bean realiza con cada parka que vende influyen en la decisión de compra. A L.L. Bean cada parka le cuesta $c = 45$ dólares y se le fija un precio en el catálogo de $p = 100$ dólares. Todas las parkas que se quedan sin vender al final de la temporada se venden en tiendas de descuento (tiendas outlet) a 50 dólares. Mantener las parkas en inventario y transportarlas a las tiendas de descuento le cuesta 10 dólares. Por tanto, L.L. Bean recupera un valor de rescate de $s = 40$ dólares por cada parka sin vender al final de la temporada. L.L. Bean tiene una utilidad de $p - c = 55$ dólares en cada parka que se vende y sufre una pérdida de $c - s = 5$ dólares en cada parka sin vender que se envía a la tienda de descuento.

La utilidad esperada de ordenar 1,000 parkas está dada como

$$\text{Utilidad esperada} = \sum_{i=4}^{10} [D_i(p - c) - (1{,}000 - D_i)(c - s)]\, pi + \sum_{i=11}^{17} 1{,}000(p - c)p_i = \$49{,}900$$

TABLA 12-2 Contribución marginal esperada por cada 100 parkas adicionales

Centenas adicionales	*Beneficio marginal esperado*	*Costo marginal esperado*	*Contribución marginal esperada*
11th	5,500 × 0.49 = 2,695	500 × 0.51 = 255	2,695 − 255 = 2,440
12th	5,500 × 0.29 = 1,595	500 × 0.71 = 355	1,595 − 355 = 1,240
13th	5,500 × 0.18 = 990	500 × 0.82 = 410	990 − 410 = 580
14th	5,500 × 0.08 = 440	500 × 0.92 = 460	440 − 460 = −20
15th	5,500 × 0.04 = 220	500 × 0.96 = 480	220 − 480 = −260
16th	5,500 × 0.02 = 110	500 × 0.98 = 490	110 − 490 = −380
17th	5,500 × 0.01 = 55	500 × 0.99 = 495	55 − 495 = −440

Para decidir si se ordenan 1,100 parkas, el comité de compras debe determinar primero el impacto de comprar 100 unidades extra. Si se ordenan las 1,100 parkas, las 100 extra se venden (por una utilidad de 5,500 dólares) si la demanda es de 1,100 o más alta. De otra forma, las 100 unidades extra se envían a la tienda de descuento con una pérdida de 500 dólares. En la tabla 12-1, observamos que existe una probabilidad de 49% de que la demanda sea 1,100 o mayor y 51% de que la demanda sea 1,000 o menor. Así, deducimos lo siguiente:

$$\text{Utilidad esperada de las 100 parkas extra} = 5{,}500 \times \text{Prob(demanda} \geq 1{,}100) - 500 \times \text{Prob(demanda} < 1{,}100) = \$5{,}500 \times 0.49 - \$500 \times 0.51 = \$2{,}440$$

La utilidad esperada total de ordenar 1,100 parkas es, por lo tanto, de 52,340 dólares, lo cual es 5% más alto que la utilidad esperada de ordenar 1,000 parkas. Empleando el mismo método, evaluamos la contribución marginal de cada 100 parkas adicionales como se ve en la tabla 12-2. Observemos que la contribución marginal esperada es positiva hasta las 1,300 parkas, y negativa a partir de ese punto. De ese modo, el tamaño óptimo de pedido es de 1,300 parkas. A partir de la tabla 12-2 tenemos

$$\text{Utilidad esperada de ordenar 1,300 parkas} = \$49{,}900 + \$2{,}440 + \$1{,}240 + \$580 = \$54{,}160$$

Esto es más de 8% de incremento en la rentabilidad respecto a la política de ordenar el valor esperado de 1,000 parkas.

El gráfico de las utilidades esperadas totales comparadas con la cantidad de pedido se ilustra en la figura 12-1. La cantidad óptima de pedido maximiza la utilidad esperada. Para L.L. Bean, la cantidad óptima de pedido es de 1,300 parkas, lo cual proporciona un CSL de 92%. Observe que con un CSL de 0.92, L.L. Bean tiene una tasa de surtido que es mucho más alta. Si la demanda es de 1,300 o menos, L.L. Bean logra una tasa de surtido de 100%, ya que se satisface toda la demanda. Si la demanda es mayor a 1,300 (digamos, D), parte de la demanda

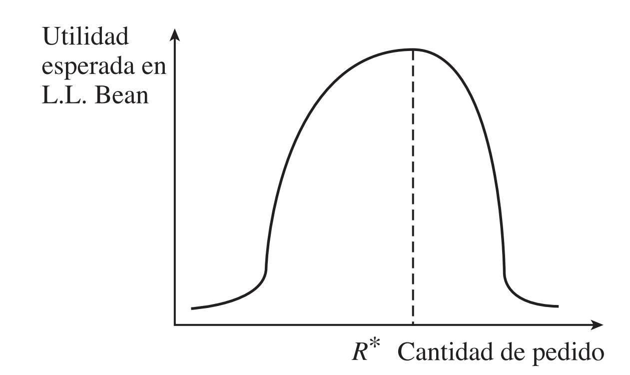


FIGURA 12-1 Utilidad esperada como función de la cantidad de pedido en L.L. Bean

(D – 1,300) no se satisface. En este caso, se logra una tasa de surtido de 1,300/D. En suma, la tasa de surtido que se consigue en L. L. Bean si se ordenan 1,300 parkas está dada por

$$fr = 1 \times \text{Prob(demanda} \leq 1{,}300) + \sum_{D_i > 1{,}300} (1{,}300/D_i)p_i = 0.99$$

Por tanto, con una política de ordenar 1,300 parkas, L.L. Bean satisface, en promedio, 99% de su demanda con las parkas que mantiene en inventario.

En este ejemplo tenemos un costo de excedentes de $C_o = c - s = 5$ dólares y un costo de faltantes de $C_u = p - c = 55$ dólares. Conforme cambien estos costos, el nivel óptimo de disponibilidad del producto también lo hará. En la siguiente sección desarrollamos la relación entre el CSL deseado y el costo de excedentes y faltantes para los artículos de temporada.

NIVEL DE SERVICIO DE CICLO ÓPTIMO PARA ARTÍCULOS DE TEMPORADA CON UN SOLO PEDIDO EN LA TEMPORADA

En esta sección enfocamos nuestra atención en los productos de temporada, como los chalecos para esquiar, de los cuales todos los artículos sobrantes deben ser desechados al final de la temporada. La suposición es que los artículos sobrantes de la temporada anterior no se utilizan para satisfacer la demanda de la temporada actual. Suponemos un precio al detalle por unidad de p, un costo de c, y un valor de rescate de s. Consideramos los siguientes datos:

C_o: Costo de excedentes por unidad, $C_o = c - s$
C_u: Costo de faltantes por unidad, $C_u = p - c$
CSL^*: Nivel de servicio de ciclo óptimo
O^*: Tamaño óptimo de pedido correspondiente

CSL^* es la probabilidad de que la demanda durante la temporada sea igual o menor a O^*. En el nivel de servicio de ciclo óptimo, CSL^*, la contribución marginal de comprar una unidad adicional es cero. Si la cantidad de pedido se incrementa de O^* a $O^* + 1$, la unidad adicional se vende si la demanda es mayor que O^*. Esto ocurre con una probabilidad de $1 - CSL^*$, lo que resulta en una contribución de $p - c$. Así, tenemos

$$\text{Beneficio esperado de comprar una unidad extra} = (1 - CSL^*)(p - c)$$

La unidad adicional se queda sin vender si la demanda es igual o menor a O^*. Esto sucede con la probabilidad de CSL^*, lo que resulta en un costo de $c - s$. Por tanto, tenemos

$$\text{Costo esperado de comprar una unidad extra} = CSL^*(c - s)$$

Por ende, la contribución marginal esperada de incrementar el tamaño de pedido de O^* a $O^* + 1$ está dada por

$$(1 - CSL^*)(p - c) - CSL^*(c - s)$$

Debido a que la contribución marginal esperada debe ser 0 en el nivel de servicio de ciclo óptimo, tenemos que

$$CSL^* = \text{Prob}(Demanda \leq O^*) = \frac{p - c}{p - s} = \frac{C_u}{C_u + C_o} = \frac{1}{1 + (C_o/C_u)} \qquad \textbf{(12.1)}$$

Una derivación más rigurosa de la fórmula previamente mencionada se presenta en el apéndice 12A. El CSL^* óptimo también recibe el nombre de *fractil crítico*. La cantidad óptima de pedido resultante maximiza la utilidad de la compañía. Si la demanda durante la temporada está distribuida normalmente, con una media de μ y una desviación estándar σ, la cantidad óptima de pedido está dada por

$$O^* = F^{-1}(CSL^*, \mu, \sigma) = NORMINV(CSL^*, \mu, \sigma) \qquad \textbf{(12.2)}$$

Cuando la demanda está distribuida normalmente, con una media de μ y una desviación estándar σ, la utilidad esperada de ordenar O unidades está dada por

$$\text{Utilidad esperada} = (p - s)\mu F_S\left(\frac{O - \mu}{\sigma}\right) - (p - s)\sigma f_S\left(\frac{O - \mu}{\sigma}\right) - O(c - s)F(O, \mu, \sigma) + O(p - c)[1 - F(O, \mu, \sigma)]$$

La derivación de esta fórmula se proporciona en los apéndices 12B y 12C. Aquí, F_S es la función de distribución normal acumulada estándar y f_S es la función de densidad normal estándar que se analiza en el apéndice 11A del capítulo 11. La utilidad esperada de ordenar O unidades se evalúa en Excel utilizando las ecuaciones 11.19, 11.22 y 11.23 como sigue:

$$\begin{aligned}\text{Utilidades esperadas} = {} & (p - s)\mu\, NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 1) \\ & - (p - s)\sigma\, NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 0) \\ & - O(c - s)\, NORMDIST(O, \mu, \sigma, 1) \\ & + O\,(p - c)\,[1 - NORMDIST(O, \mu, \sigma, 1)] \qquad \mathbf{(12.3)}\end{aligned}$$

El ejemplo 12-1 ilustra el uso de las ecuaciones 12.1 y 12.2 para obtener el nivel de servicio de ciclo óptimo y la cantidad de pedido.

Ejemplo 12-1: **Evaluación del nivel de servicio óptimo para artículos de temporada.** El gerente de Sportmart, una tienda de artículos deportivos, tiene que decidir el número de esquís que debe comprar para la temporada de invierno. Con base en los datos de la demanda anterior y los pronósticos del clima para el año, la administración ha pronosticado que la demanda está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 350$ y una desviación estándar de $\sigma = 100$. Cada par de esquís cuesta $c = 100$ dólares y se vende a $p = 250$ dólares. Cualquier par sin vender al final de la temporada se remata a 85 dólares. Supongamos que cuesta 5 dólares mantener un par de esquís en inventario para la temporada. ¿Cuántos esquís debe ordenar el gerente para maximizar las utilidades esperadas?

Análisis: En este caso tenemos

$$\begin{aligned}\text{Valor de rescate } s &= \$85 - \$5 = \$80 \\ \text{Costo de faltantes} &= C_u = p - c = \$250 - \$100 = \$150 \\ \text{Costo de excedentes} &= C_o = c - s = \$100 - \$80 = \$20\end{aligned}$$

Utilizando la ecuación 12.1, deducimos que el CSL óptimo es

$$CSL^* = \text{Prob}(Demanda \leq O^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o} = \frac{150}{150 + 20} = 0.88$$

Empleando la ecuación 12.2, el tamaño óptimo de pedido es

$$O^* = NORMINV(CSL^*, \mu, \sigma) = NORMINV(0.88, 350, 100) = 468$$

Por tanto, resulta óptimo para el gerente de Sportmart ordenar 468 pares de esquís aun cuando el número esperado de ventas sea 350. En este caso, debido a que el costo de faltantes es mucho más alto que el costo de excedentes, la administración será más eficiente si ordena más del valor esperado para cubrir la incertidumbre de la demanda.

Usando la ecuación 12.3, las utilidades esperadas de ordenar O^* unidades son

$$\begin{aligned}\text{Utilidades esperadas} &= (p - s)\mu\, NORMDIST((O^* - \mu)/\sigma, 0, 1, 1) \\ &\quad - (p - s)\sigma\, NORMDIST((O^* - \mu)/\sigma, 0, 1, 0) \\ &\quad - O^*(c - s)\, NORMDIST(O^*, \mu, \sigma, 1) \\ &\quad + O^*(p - c)[1 - NORMDIST(O^*, \mu, \sigma, 1)] \\ &= 59{,}500\, NORMDIST(1.18, 0, 1, 1) - 17{,}000\, NORMDIST(1.18, 0, 1, 0) \\ &\quad - 9{,}360\, NORMDIST(468, 350, 100, 1) \\ &\quad + 70{,}200\, [1 - NORMDIST(468, 350, 100, 1)] = \$49{,}146\end{aligned}$$

La utilidad esperada de ordenar 350 pares de esquís puede ser evaluada como 45,718 dólares. Por consiguiente, ordenar 468 pares da como resultado una utilidad esperada que es casi 8% más alta que la utilidad obtenida por ordenar el valor esperado de 350 pares.

Cuando O unidades son ordenadas, la compañía se queda con mucho o con muy poco inventario, dependiendo de la demanda. Cuando la demanda está distribuida normalmente, con

un valor esperado μ y una desviación estándar σ, la cantidad excedente esperada al final de la temporada está dada por

$$\text{Excedente esperado} = (O - \mu)F_S\left(\frac{O - \mu}{\sigma}\right) + \sigma f_S\left(\frac{O - \mu}{\sigma}\right)$$

La derivación de esta fórmula se proporciona en el apéndice 12D. La fórmula puede ser evaluada empleando Excel como sigue

$$\begin{aligned}\text{Excedente esperado} &= (O - \mu)NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 1)\\ &\quad + \sigma\, NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 0)\end{aligned} \qquad \textbf{(12.4)}$$

La cantidad faltante esperada al final de la temporada se da por

$$\text{Faltante esperado} = (\mu - O)\left[1 - F_S\left(\frac{O - \mu}{\sigma}\right)\right] + \sigma f_S\left(\frac{O - \mu}{\sigma}\right)$$

La derivación de esta fórmula se proporciona en el apéndice 12E. La fórmula puede ser evaluada empleando Excel como sigue:

$$\begin{aligned}\text{Faltante esperado} &= (\mu - O)[1 - NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 1)]\\ &\quad + \sigma\, NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 0)\end{aligned} \qquad \textbf{(12.5)}$$

El ejemplo 12-2 ilustra el empleo de las ecuaciones 12.4 y 12.5 para evaluar la cantidad esperada que será excedente o faltante como producto de la política de ordenar.

Ejemplo 12-2: **Evaluación del faltante y excedente esperado**
La demanda de esquís en Sportmart está distribuida normalmente con una media de $\mu = 350$ y una desviación estándar $\sigma = 100$. El gerente ha decidido ordenar 450 pares de esquís para la temporada que viene. Evaluar el faltante y el excedente esperado como resultado de esta política.

Análisis: En este caso tenemos un tamaño de pedido de $O = 450$. Un excedente resulta si la demanda durante la temporada es menor a 450. El excedente esperado se obtiene utilizando la ecuación 12.4 de la siguiente manera

$$\begin{aligned}\text{Excedente esperado} &= (O - \mu)NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 1)\\ &\quad + \sigma\, NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 0)\\ &= (450 - 350) = NORMDIST((450 - 350)/100, 0, 1, 1)\\ &\quad + 100\, NORMDIST((450 - 350)/100, 0, 1, 0) = 108\end{aligned}$$

Por tanto, la política de ordenar 450 pares de esquís da como resultado un excedente esperado de 108 pares.

Un faltante ocurre si la demanda durante la temporada es más alta de 450 pares. El faltante esperado puede evaluarse usando la ecuación 12.5 de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\text{Excedente esperado} &= (\mu - O)[1 - NORMDIST((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 1)]\\ &\quad + \sigma\, NORMDIST\ ((O - \mu)/\sigma, 0, 1, 0)\\ &= (350 - 450)[1 - NORMDIST((450 - 350)/100, 0, 1, 1)]\\ &\quad + 100 NORMDIST((450 - 350)/100, 0, 1, 0) = 8\end{aligned}$$

Así, la política de ordenar 450 pares ocasiona un faltante esperado de 8 pares. Observemos que hay un faltante y excedente esperado positivo en cada caso. Tal resultado pudiera parecer contrario a la intuición, pero tiene sentido ya que algunos valores empleados para calcular el faltante o excedente esperado son siempre mayores o iguales a cero. Por ejemplo, si la demanda es de 500 y existen 450 chalecos en inventario, hay un faltante de 50 y un excedente de 0 (no −50). Esto garantiza que el valor esperado sea mayor o igual a cero.

PEDIDOS ÚNICOS EN PRESENCIA DE DESCUENTOS POR CANTIDAD

En esta sección consideramos a un comprador que quiere colocar un solo pedido cuando el vendedor ofrezca un descuento en el precio con base en la cantidad comprada. Tal situación puede surgir en el contexto de los artículos de temporada como ropa, para la cual el fabricante

ofrece un precio más bajo por unidad si las cantidades de pedido rebasan un límite dado. Dichas decisiones también surgen al final del ciclo de vida de un producto o partes de repuesto. La demanda futura del producto o las partes de repuesto es incierta y el comprador tiene una oportunidad única para ordenar. El comprador debe tener en cuenta el descuento al seleccionar el tamaño del pedido.

Consideremos un detallista de partes de repuesto que tiene una última oportunidad de ordenar partes antes que el fabricante detenga la producción. La parte tiene un precio al detalle por unidad de p, un costo para el detallista (sin el descuento) de c, y un valor de rescate de s. El fabricante ha ofrecido un precio de descuento de c_d si el detallista ordena cuando menos K unidades. El detallista toma la decisión sobre el tamaño del pedido siguiendo estos pasos:

1. Utilizando $C_o = c - s$ y $C_u = p - c$, evaluar el nivel de servicio de ciclo óptimo CSL^* y el tamaño del pedido O^* sin un descuento, con las ecuaciones 12.1 y 12.2, respectivamente. Evaluar la utilidad esperada de ordenar O^* con la ecuación 12.3.
2. Usando $C_o = c_d - s$ y $C_u = p - c_d$, evaluar el nivel de servicio de ciclo óptimo CSL_d^* y el tamaño del pedido O_d^* con un descuento empleando las ecuaciones 12.1 y 12.2, respectivamente. Si $O_d^* \geq K$, evaluar la utilidad esperada de ordenar O_d^* unidades con la ecuación 12.3. Si $O_d^* < K$, evaluar la utilidad esperada de ordenar K unidades con la ecuación 12.3.
3. Ordenar O^* unidades si la utilidad en el paso 1 es más alta. Si la utilidad en el paso 2 es más alta, ordenar O_d^* unidades si $O_d^* \geq K$ o K unidades si $O_d^* < K$.

Ilustramos el procedimiento en el ejemplo 12-3.

Ejemplo 12-3: **Evaluar el nivel de servicio con los descuentos por cantidad**
SparesRUs, un detallista de autopartes, debe decidir el tamaño del pedido de un modelo de frenos que tiene 20 años de antigüedad. El fabricante planea suspender la producción de estos frenos después de esta última corrida de producción. SparesRUs ha pronosticado que la demanda restante de los frenos está distribuida normalmente, con una media de 150 y una desviación estándar de 40. Los frenos tienen un precio al detalle de 200 dólares. Cualquier freno sin vender no tiene uso alguno, por lo que no posee valor de rescate. Así, el fabricante planea vender cada freno en 50 dólares si el pedido es menor a 200 frenos y 45 dólares si el pedido es de cuando menos 200 frenos. ¿Cuántos frenos debe ordenar SparesRUs?

Análisis: El primer paso es calcular la cantidad óptima de pedido si no se utiliza el descuento. En este caso, tenemos

$$\text{Costo de faltantes} = C_u = p - c = \$200 - \$50 = \$150$$
$$\text{Costo de excedentes} = C_o = c - s = \$50 - \$0 = \$50$$

Con la ecuación 12.1, deducimos que el CSL óptimo es

$$CSL^* = \text{Prob}(Demanda \leq R^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o} = \frac{150}{150 + 50} = 0.75$$

Con la ecuación 12.2, el tamaño óptimo de pedido es

$$O^* = NORMINV(CSL^*, \mu, \sigma) = NORMINV(0.75, 150, 40) = 177$$

Si se emplea la ecuación 12.3, si SparesRUs no aprovecha el descuento, la utilidad esperada es

$$\text{Utilidad esperada de ordenar 177 unidades} = \$19{,}958$$

A continuación, consideramos el descuento y obtenemos

$$\text{Costo de faltantes} = C_u = p - c = \$200 - \$45 = \$155$$
$$\text{Costo de excedentes} = C_o = c_d - s = \$45 - \$0 = \$45$$

Con la ecuación 12.1, deducimos que el CSL óptimo es

$$CSL_d^* = \text{Prob}(Demand \leq R^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o} = \frac{155}{155 + 45} = 0.775$$

Utilizando la ecuación 12.2, el tamaño óptimo de pedido es

$$O_d^* = NORMINV(CSL_d^*, \mu, \sigma) = NORMINV(0.775, 150, 40) = 180$$

Dado que $180 < 200$, el detallista debe ordenar cuando menos 200 frenos para beneficiarse del descuento. Por tanto, calculamos la utilidad esperada de ordenar 200 unidades empleando la ecuación 12.3 de la siguiente forma:

Utilidades esperadas de ordenar 200 unidades a 45 dólares cada una = 20,595 dólares

En consecuencia, es óptimo para SparesRUs ordenar 200 unidades con la finalidad de aprovechar el descuento por cantidad. El excedente esperado puede calcularse con la ecuación 12.4 y es igual a 52.

NIVEL DE SERVICIO DE CICLO DESEADO PARA ARTÍCULOS QUE SE ABASTECEN DE MANERA CONTINUA

En esta sección nos centramos en productos como el detergente que son ordenados continuamente por una tienda minorista como Wal-Mart. En esta situación, se emplea un inventario de seguridad para incrementar el nivel de disponibilidad y disminuir la probabilidad de que se produzca un desabasto entre entregas sucesivas. Si sobra detergente en el ciclo de resurtido, puede venderse en el siguiente ciclo. No hay que deshacerse de él a un menor costo. Sin embargo, se incurre en un costo de mantener en inventario el producto de un ciclo al siguiente. El gerente debe decidir el CSL objetivo.

Deben considerarse dos escenarios extremos:

1. Toda la demanda que surge cuando el producto está agotado se aplaza (backlog) y se surte más adelante, cuando se reabastecen los inventarios.
2. Se pierde toda la demanda que se presenta cuando no hay producto en inventario.

La realidad en la mayoría de los casos es un punto intermedio, ya que parte de la demanda se pierde y otros clientes regresan cuando el producto está en inventario. Aquí, consideramos los casos extremos.

Suponemos que la demanda por unidad de tiempo está distribuida normalmente, junto con los siguientes datos:

Q: Tamaño del lote de resurtido
S: Costo fijo asociado con cada pedido
ROP: Punto de reorden
D: Demanda promedio por unidad de tiempo
σ: Desviación estándar de la demanda por unidad de tiempo
ss: Inventario de seguridad (recuerde que $ss = ROP - D_L$)
CSL: Nivel de servicio de ciclo
C: Costo unitario
h: Costo de mantener inventario como fracción del costo del producto por unidad de tiempo
H: Costo de mantener una unidad en inventario por una unidad de tiempo.
$H = hC$

La demanda se aplaza cuando hay desabasto (se pone en backlog)

Primero, consideramos el caso en el que toda la demanda surge cuando el producto se agota y tiene que aplazarse. Debido a que no se perdió la demanda, minimizar los costos es equivalente a maximizar las utilidades. Como ejemplo, considere una tienda Wal-Mart que vende detergente. El gerente ofrece un descuento de C_u a cada cliente que quiere comprar detergente y éste está agotado. Esto asegura que todos los clientes regresarán cuando se reabastezca el inventario.

Si el gerente de la tienda incrementa el nivel del inventario de seguridad, muchos pedidos se satisfacen con el inventario, lo que provoca un nivel bajo de demanda aplazada (backlog). Esto disminuye el costo del backlog. Sin embargo, el costo de mantener inventario aumenta, por lo que el gerente debe elegir el nivel de inventario de seguridad que minimice los costos del backlog y de mantener inventario. En este caso, el nivel de servicio de ciclo óptimo está dado por

$$CSL^* = 1 - \frac{HQ}{DC_u} \tag{12.6}$$

Dado el nivel de servicio de ciclo óptimo, el inventario de seguridad requerido puede evaluarse con la ecuación 11.9 si la demanda está distribuida normalmente.

A partir de la ecuación 12.6, observamos que el incremento en el tamaño de lote Q permite al gerente de la tienda Wal-Mart reducir el nivel de servicio de ciclo y, de esa forma, el inventario de seguridad mantenido. Esto es porque al aumentar el tamaño de lote se incrementa la tasa de surtido y se reduce la cantidad que se pone en backlog. Sin embargo, hay que tener cuidado porque un aumento en el tamaño de lote incrementa el inventario de ciclo. En general, agrandar el tamaño de lote no es una manera eficaz de que la compañía mejore la disponibilidad del producto.

Si se conoce el costo de desabasto, se puede emplear la ecuación 12.6 para obtener el nivel de servicio de ciclo apropiado (y, por tanto, el nivel apropiado de inventario de seguridad). En muchas situaciones prácticas, es difícil estimar el costo de desabasto. En esas circunstancias, quizá el gerente necesite evaluar el costo de desabasto implícito en la política de inventario actual. Cuando no se puede encontrar el costo preciso del desabasto, este costo de desabasto implícito cuando menos da una idea de si se debe incrementar, disminuir o mantener igual el inventario. En el ejemplo 12-4 mostramos cómo la ecuación 12.6 puede utilizarse para imputar un costo de desabasto dada una política de inventario.

Ejemplo 12-4: **Imputación del costo de desabasto a partir de la política de inventario**

La demanda semanal de detergente en Wal-Mart está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 100$ galones y una desviación estándar $\sigma = 20$. El tiempo de espera de reabastecimiento es $L = 2$ semanas. El gerente de la tienda Wal-Mart ordena 400 galones cuando el inventario disponible cae a 300 galones. Cada galón de detergente cuesta 3 dólares. El costo de mantener inventario en que incurre Wal-Mart es de 20%. Si toda la demanda no satisfecha se pone en backlog y se transfiere al siguiente ciclo, evaluar el costo de desabasto implícito en la política de resurtido actual.

Análisis: En este caso, tenemos

Tamaño de lote, $Q = 400$ galones
Punto de reorden, $ROP = 300$ galones
Demanda promedio por semana, $D = 100$ galones
Demanda promedio por año, $D_{anual} = 100 \times 52 = 5{,}200$
Desviación estándar de la demanda por semana, $\sigma_D = 20$
Costo unitario, $C = \$3$
Costo de mantener inventario como una fracción del costo del producto por año, $h = 0.2$
Costo de mantener una unidad en inventario por un año, $H = hC = \$0.6$
Tiempo de espera, $L = 2$ semanas

Por tanto, tenemos

Demanda media durante el tiempo de espera, $D_L = DL = 200$ galones
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, $\sigma_L = \sigma_L \sqrt{L} = 20\sqrt{2} = 28.3$

Debido a que la demanda está distribuida normalmente, podemos utilizar la ecuación 11.4 para evaluar el CSL con la estrategia de inventario actual:

$$CSL = F(ROP, D_L, \sigma_L) = F(300, 200, 28.3)$$

Empleando la ecuación 11.19 del apéndice 11B, tenemos

$$CSL = NORMDIST(300, 200, 28.3, 1) = 0.9998$$

De ese modo, podemos deducir que el costo imputado de desabasto (con la ecuación 12.6) está dado por

$$C_u = \frac{HQ}{(1 - CSL)D_{año}} = \frac{0.6 \times 400}{0.0002 \times 5{,}200} = \$230.8 \text{ por galón}$$

La implicación aquí es que cada faltante de un galón de detergente cuesta a Wal-Mart 230.8 dólares, el CSL actual de 0.9998 es óptimo. En este ejemplo en particular, se puede decir que el gerente de la tienda mantiene demasiado inventario, ya que no es probable que el costo de desabasto del detergente sea de 230.8 dólares por galón.

Un gerente puede utilizar el análisis mencionado previamente para decidir si el costo imputado de desabasto, y por tanto, la política de inventario, es razonable.

La demanda durante el desabasto se pierde

Para el caso en el cual se pierde la demanda no satisfecha durante el periodo de desabasto, el nivel de servicio de ciclo CSL^* está dado por

$$CSL^* = 1 - \frac{HQ}{HQ + DC_u} \quad \textbf{(12.7)}$$

En este caso, suponemos que C_u es el costo de perder una unidad de demanda durante el periodo de desabasto. En el ejemplo 12-5, evaluamos el nivel de servicio de ciclo óptimo si la demanda se pierde durante el periodo de desabasto.

Ejemplo 12-5: **Evaluación del nivel de servicio óptimo cuando la demanda no satisfecha se pierde**

Considere la situación del ejemplo 12-4, pero suponga que se pierde toda la demanda durante un desabasto. Estime que el costo de perder una unidad de demanda es de 2 dólares. Evaluar el nivel de servicio de ciclo óptimo que el gerente de Wal-Mart debe conseguir.

Análisis: En este caso tenemos

Tamaño de lote, $Q = 400$ galones
Demanda promedio por año, $D_{año} = 100 \times 52 = 5{,}200$
Costo de mantener una unidad en inventario durante un año, $H = \$0.6$
Costo de faltantes, $C_u = \$2$

Utilizando la ecuación 12.7, el nivel de servicio de ciclo óptimo está dado como

$$CSL^* = 1 - \frac{HQ}{HQ + DC_u} = 1 - \frac{0.6 \times 400}{0.6 \times 400 + 2 \times 5{,}200} = 0.98$$

En este caso, el gerente de la tienda debe buscar un nivel de servicio de ciclo de 98%.

En general, el nivel de servicio de ciclo óptimo es más alto si las ventas se pierden que si las ventas se aplazan (se ponen en backlog).

12.3 PALANCAS ADMINISTRATIVAS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTRO

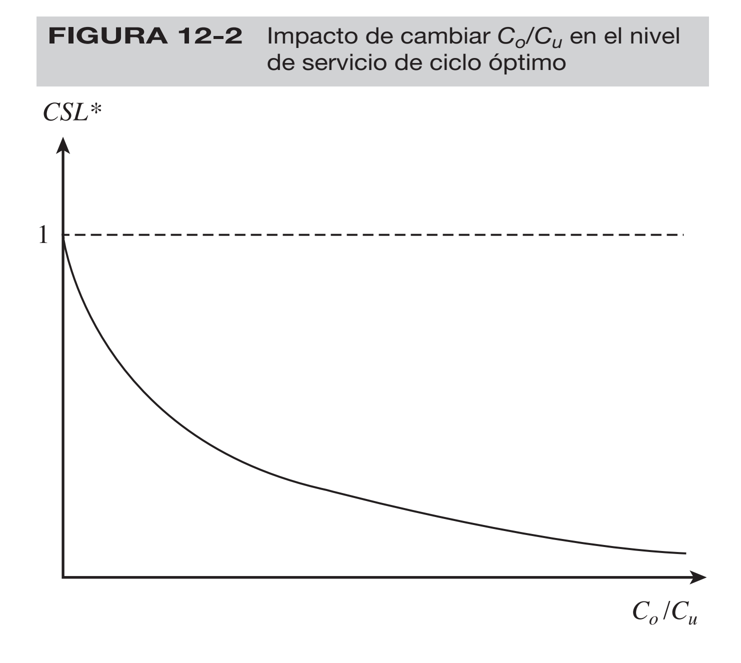
Una vez identificados los factores que influyen en el nivel óptimo de disponibilidad del producto, debemos concentrarnos en las medidas que el gerente puede aplicar para mejorar la rentabilidad de la cadena de suministro. En la sección 12.2 mostramos que los costos de faltantes y excedentes tienen impacto directo tanto en el nivel de servicio de ciclo óptimo como en la rentabilidad. Dos herramientas administrativas que incrementan la rentabilidad son

1. Aumentar el valor de rescate de cada unidad acrecienta la rentabilidad (como también el nivel de servicio de ciclo óptimo).
2. Disminuir el margen de utilidad perdido por un desabasto incrementa la rentabilidad (como también el nivel de servicio de ciclo óptimo).

Las estrategias para aumentar el valor de rescate incluyen la venta en tiendas de descuento de manera que las unidades remanentes no sean simplemente desechadas. Algunas compañías, como Sport Obermeyer, la cual vende ropa de invierno en Estados Unidos, venden el excedente en América del Sur, donde el invierno corresponde al verano en América del Norte. El incremento en el valor de rescate del excedente permite proporcionar un nivel alto de disponibilidad del producto en Estados Unidos y ampliar las utilidades.

Las estrategias para disminuir el margen perdido durante un periodo de desabasto incluyen el arreglo de una fuente de aprovisionamiento de reserva (lo cual puede ser más costoso), de manera que los clientes no se pierdan para siempre. La práctica de comprar un producto a un competidor en el mercado abierto para satisfacer la demanda del cliente se observa y justifica con el razonamiento anterior. En la industria de suministros MRO, McMaster-Carr y

FIGURA 12-2 Impacto de cambiar C_o/C_u en el nivel de servicio de ciclo óptimo



W.W. Grainger, dos grandes competidores, también son grandes clientes uno del otro. Asimismo, el costo de faltantes puede reducirse al proporcionar al cliente un producto sustituto.

El nivel de servicio de ciclo óptimo como función de la razón de costo de excedentes y el costo de faltantes se muestra en la figura 12-2. Observe que conforme la razón se hace más pequeña, la disponibilidad del producto se incrementa. El hecho explica la diferencia en el nivel de disponibilidad del producto entre una tienda de primera clase como Nordstrom y una tienda de descuento. Nordstrom tiene márgenes más altos y, por tanto, un costo de faltantes más alto. Debe proporcionar un nivel más alto de disponibilidad del producto que una tienda de descuento con márgenes menores y, como resultado, un costo más bajo de desabasto.

Otra herramienta administrativa para mejorar la rentabilidad de la cadena es la reducción de la incertidumbre de la demanda. Con esto, el gerente de la cadena de suministro puede ajustar mejor la oferta a la demanda al reducir tanto los faltantes como los excedentes. El gerente puede reducir la incertidumbre de la demanda mediante los siguientes métodos:

1. ***Pronósticos mejorados:*** Emplear mejor la información del mercado y la colaboración con el fin de reducir la incertidumbre de la demanda.
2. ***Respuesta rápida:*** Disminuir el tiempo de espera de reabastecimiento de modo que puedan colocarse múltiples pedidos en la temporada de ventas.
3. ***Aplazamiento:*** En un esquema de múltiples productos, aplazar la diferenciación del producto hasta que esté cerca del punto de venta.
4. ***Aprovisionamiento a la medida:*** Usar un proveedor que ofrezca tiempo de espera corto, pero que quizá sea más costoso, como respaldo de un proveedor de bajo costo, pero que tal vez ofrezca tiempo de espera largo.

A continuación estudiamos el impacto de cada una de estas estrategias en el desempeño de la cadena de suministro.

PRONÓSTICOS MEJORADOS: IMPACTO EN LAS UTILIDADES E INVENTARIOS

Las compañías han tratado de entender mejor a sus clientes y coordinar las acciones dentro de la cadena para mejorar la precisión del pronóstico. El uso de los sistemas de información para planear la demanda también ha ayudado a este respecto. Demostramos que una mayor precisión en el pronóstico puede ayudar a la compañía a incrementar significativamente su

rentabilidad y a disminuir el exceso de inventario así como las ventas perdidas debido a faltantes. Ilustramos el impacto de mejorar la precisión del pronóstico en el ejemplo 12-6.

Ejemplo 12-6: **Impacto de los pronósticos mejorados**
Considere a un comprador en Bloomingdale's que es responsable de comprar vajillas con decoración navideña. Las vajillas se venden sólo durante la temporada navideña y el comprador coloca un pedido para entrega a principios de noviembre. Cada vajilla cuesta $c = 100$ dólares y se vende a un precio al detalle de $p = 250$ dólares. Cualquier vajilla sin vender al final de la temporada se descuenta fuertemente en las ventas después de la temporada a un precio de rescate de $s = 80$ dólares. El comprador ha estimado que la demanda está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 350$ dólares. Históricamente, los errores de pronóstico han tenido una desviación estándar de $\sigma = 150$. El comprador ha decidido llevar a cabo una investigación de mercado adicional para tener un mejor pronóstico. Evalúe el impacto de un pronóstico más preciso sobre la rentabilidad y los inventarios al tiempo que el comprador reduce la σ de 150 a 0 en incrementos de 30.

Análisis: En este caso tenemos

$$\text{Costo de faltantes} = C_u = p - c = \$250 - \$100 = \$150$$
$$\text{Costo de excedentes} = C_o = c - s = \$100 - \$80 = \$20$$

Empleando la ecuación 12.1, tenemos

$$CSL^* = Prob(Demanda \leq O^*) \geq \frac{150}{150 + 20} = 0.88$$

El tamaño óptimo del pedido se obtiene con la ecuación 12.2 y la utilidad esperada con la ecuación 12.3. El tamaño del pedido y la utilidad esperada conforme la precisión del pronóstico varía (medido por la desviación estándar del error de pronóstico) se presentan en la tabla 12-3.

El ejemplo 12-6 ilustra que conforme la compañía mejora la precisión de sus pronósticos, la cantidad esperada de faltantes y excedentes disminuye y aumenta la utilidad esperada. Esta relación se observa en la figura 12-3.

PUNTO CLAVE Un incremento en la precisión del pronóstico disminuye tanto la cantidad de faltantes como de excedentes y aumenta las utilidades de la compañía.

RESPUESTA RÁPIDA: IMPACTO EN LAS UTILIDADES E INVENTARIOS

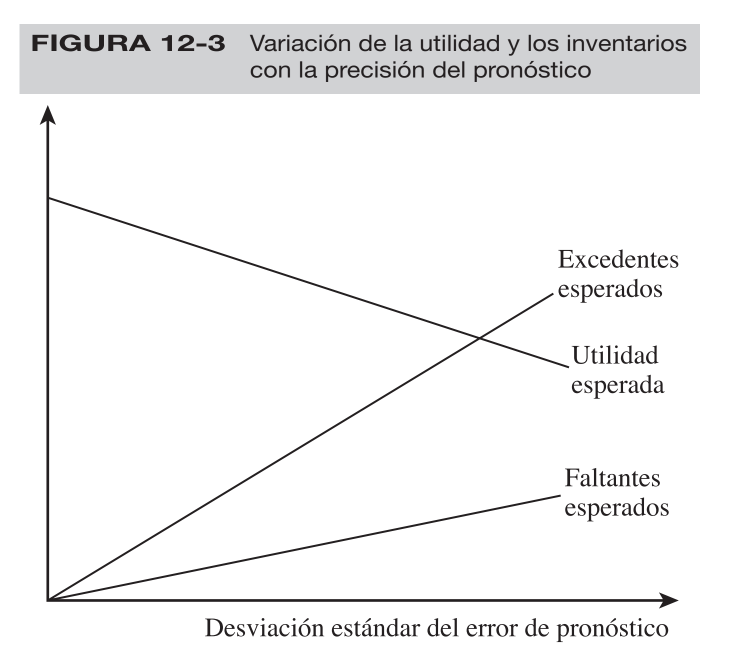
La *respuesta rápida* es un conjunto de medidas que se adoptan en la cadena de suministro para reducir el tiempo de espera de reabastecimiento. Los gerentes pueden mejorar la precisión de sus pronósticos conforme el tiempo de espera disminuye, lo cual les permite ajustar mejor la oferta a la demanda e incrementar la rentabilidad de la cadena.

Para ilustrar el tema, consideremos el ejemplo de Saks Fifth Avenue, una tienda departamental de primera clase, que compra chales de cachemira de la India y Nepal. La temporada de ventas es de 14 semanas. Históricamente, los tiempos de espera de reabastecimiento han sido

TABLA 12-3 Utilidad esperada y tamaño de pedido en Bloomingdale's

Desviación estándar del error de pronóstico σ	*Tamaño de pedido óptimo O^**	*Excedentes esperados*	*Faltantes esperados*	*Utilidad esperada*
150	526	186.7	8.6	$47,469
120	491	149.3	6.9	$48,476
90	456	112.0	5.2	$49,482
60	420	74.7	3.5	$50,488
30	385	37.3	1.7	$51,494
0	350	0	0	$52,500

FIGURA 12-3 Variación de la utilidad y los inventarios con la precisión del pronóstico



de alrededor de 25 a 30 semanas. Con un tiempo de espera de 30 semanas, el comprador de Saks debe ordenar todo lo que la tienda espera vender mucho antes de que empiece la temporada de ventas. Es difícil para el comprador efectuar un pronóstico preciso de la demanda con esta anticipación. Esto ocasiona una gran incertidumbre de la demanda, lo que lleva al comprador a adquirir muchos o muy pocos chales cada año. Si los fabricantes asiáticos disminuyeran el tiempo de espera de reabastecimiento a 15 semanas, el comprador podría colocar todo el pedido antes de que empezara la temporada de ventas. Sin embargo, el pedido puede colocarse más cerca de la temporada de ventas, lo que resulta en un pronóstico más preciso. Como se analizó antes en el capítulo, tal reducción en la incertidumbre disminuye las utilidades de Saks.

Por lo común, los compradores pueden realizar pronósticos precisos una vez que han observado la demanda durante las primeras dos semanas de la temporada. Consideremos la situación en la cual los fabricantes son capaces de reducir el tiempo de espera de reabastecimiento a seis semanas. Dicha reducción permite al comprador dividir la compra de la temporada en dos pedidos. El primero se coloca seis semanas antes de que comience la temporada de ventas. El comprador ordena lo que la tienda espera vender durante las primeras siete semanas de la temporada. Una vez que inician las ventas, el comprador observa la demanda durante la primera semana y coloca el segundo pedido a la semana siguiente. El segundo pedido lleva el inventario hasta el nivel en que el comprador quiere ordenar para toda la temporada. La posibilidad de colocar el segundo pedido permite al comprador ajustar la oferta a la demanda de manera más efectiva, lo que resulta en utilidades más altas.

Cuando se colocan múltiples pedidos en la temporada, no es posible proporcionar fórmulas como las ecuaciones 12.1-12.5 que especifican la cantidad óptima de pedido y la utilidad, excedentes y faltantes esperados. En su lugar, debemos emplear la simulación (véase el apéndice 12F) para identificar el impacto de las diferentes estrategias de ordenar. Ilustramos el impacto de colocar múltiples pedidos en el ejemplo de Saks analizado previamente.

El comprador de Saks debe decidir la cantidad de chales de cachemira que debe ordenar de la India y Nepal para la siguiente temporada de invierno. El costo unitario de cada chal es de 40 dólares y el precio de venta es de 150 dólares. Una tienda de descuento compra los chales sobrantes al final de la temporada a 30 dólares cada uno. El costo de mostrar y mantener los chales sin vender es de 2 dólares por semana en inventario. Después de la temporada de ventas de 14 semanas, los saldos se venden a la tienda de descuento.

Antes de iniciar la temporada de ventas, el comprador pronostica que la demanda semanal va a distribuirse normalmente, con una media de 20 y una desviación estándar de 15. Comparemos el impacto de las siguientes dos políticas de ordenar.

1. Un pedido único debe colocarse al inicio de la temporada para cubrir toda la demanda de la temporada.
2. Dos pedidos se colocan durante la temporada, uno al inicio de la temporada y el otro para entregarse al inicio de la octava semana.

Supongamos dos escenarios: uno en el cual la precisión del pronóstico del comprador no mejora para el segundo pedido y otro en el que el pronóstico mejora y el comprador logra reducir la desviación estándar del pronóstico a 3 en lugar de 15.

El análisis que compara las dos políticas se lleva a cabo mediante una simulación. Comparamos los niveles de inventario y la rentabilidad para las políticas de ordenar en los escenarios de uno y dos pedidos que proporcionan el mismo nivel de servicio.

Al colocar un pedido único, la política de ordenar consiste en ordenar una cantidad al principio de la temporada. Cuando se colocan dos pedidos, la política de ordenar consiste en pedir una cantidad inicial para las primeras siete semanas, seguida del nivel de referencia para las siguientes siete semanas. El propósito es que la cantidad ordenada en la segunda ronda debe tomar en cuenta las ventas durante las primeras siete semanas y el inventario remanente. Si se vende muy poco durante las primeras siete semanas, el segundo pedido deberá ser pequeño. Si el lote se ha vendido durante las primeras siete semanas, el segundo pedido deberá ser grande. La cantidad ordenada en la segunda ronda es la diferencia entre el nivel de referencia y el inventario remanente proyectado después de las primeras siete semanas.

En la simulación, suponemos que la demanda no satisfecha se pierde. En la tabla 12-4 presentamos los resultados para el caso en el cual no hay mejora en la precisión del pronóstico para el segundo pedido. Los resultados dados son un promedio de 500 simulaciones.

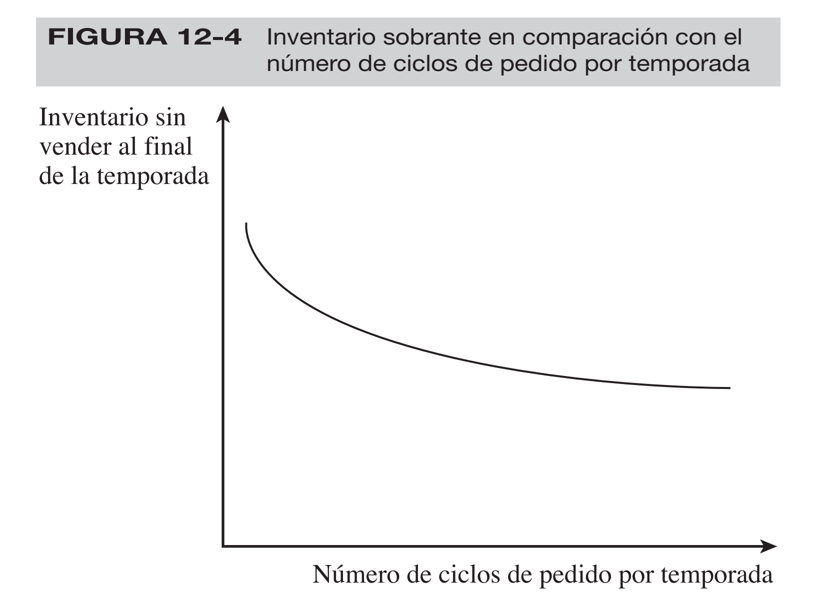
A partir de los resultados de la tabla 12-4, observamos tres consecuencias importantes de poder colocar un segundo pedido en la temporada:

1. La cantidad ordenada total esperada durante la temporada con dos pedidos es menor que la que se ordena con un solo pedido para el mismo nivel de servicio de ciclo. En otras palabras, es posible proporcionar el mismo nivel de disponibilidad de producto al cliente con menos inventario si se permite un segundo pedido de seguimiento en la temporada de ventas.
2. El excedente promedio a ser desechado al final de la temporada de ventas es menor si se permiten dos pedidos.
3. Las utilidades son más altas cuando se permite un segundo pedido durante la temporada de ventas.

TABLA 12-4 Utilidad y excedente esperados en Saks Fifth Avenue sin mejora en la precisión del pronóstico para el segundo pedido

	Pedido único para la temporada			*Dos pedidos en la temporada*				
CSL	*Tamaño de pedido*	*Excedente promedio*	*Utilidad esperada*	*Pedido inicial*	*Nivel de referencia para el segundo pedido*	*Pedido total promedio*	*Excedente promedio*	*Utilidad esperada*
0.96	378	97	$23,624	209	209	349	69	$26,590
0.94	367	86	$24,034	201	201	342	60	$27,085
0.91	355	73	$24,617	193	193	332	52	$27,154
0.87	343	66	$24,386	184	184	319	43	$26,944
0.81	329	55	$24,609	174	174	313	36	$27,413
0.75	317	41	$25,205	166	166	302	32	$26,915

FIGURA 12-4 Inventario sobrante en comparación con el número de ciclos de pedido por temporada



En otras palabras, conforme se divide la cantidad total para la temporada en múltiples pedidos pequeños, el comprador puede ajustar mejor la oferta a la demanda e incrementar la rentabilidad para Saks. Estas relaciones se muestran en las figuras 12-4 y 12-5.

Ahora, consideramos el caso en el cual el comprador mejora la precisión de su pronóstico para el segundo pedido después de observar parte de la demanda de la temporada. Como resultado, la desviación estándar del pronóstico de demanda semanal cae de 15 a 3 para el segundo periodo de 10 semanas. Para proporcionar el mismo nivel de servicio, el segundo nivel de referencia se ajusta como corresponde. El resultado de esta simulación se presenta en la tabla 12-5.

A partir de la tabla 12-5, observamos que la reducción en la incertidumbre de la demanda que ocurre después de las primeras siete semanas aumenta los beneficios de una respuesta rápida y de colocar un segundo pedido. Las utilidades en Saks se incrementan y la cantidad excedente esperada disminuye.

FIGURA 12-5 Utilidad esperada en comparación con el número de ciclos de pedido por temporada

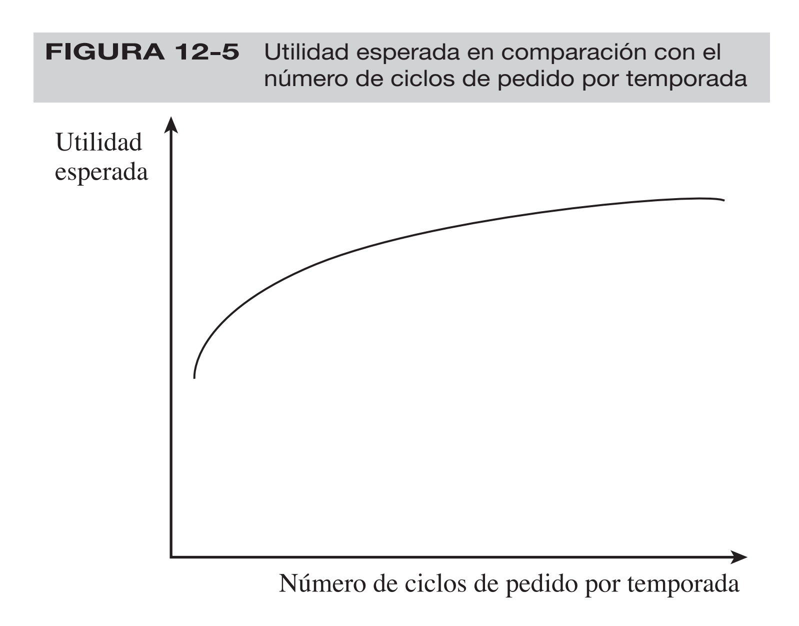


TABLA 12-5 Utilidad y excedente esperados en Saks suponiendo una mejora en la precisión del pronóstico para el segundo pedido

	Pedido único para la temporada			*Dos pedidos en la temporada*				
CSL	*Tamaño de pedido*	*Excedente promedio*	*Utilidad esperada*	*Pedido inicial*	*Nivel de referencia para el segundo pedido*	*Pedido total promedio*	*Excedente promedio*	*Utilidad esperada*
0.96	378	96	$23,707	209	153	292	19	$27,007
0.94	367	84	$24,303	201	152	293	18	$27,371
0.91	355	76	$24,154	193	150	288	17	$26,946
0.87	343	63	$24,807	184	148	288	14	$27,583
0.81	329	52	$24,998	174	146	283	14	$27,162
0.75	317	44	$24,887	166	145	282	14	$27,268

PUNTO CLAVE Si la respuesta rápida permite múltiples pedidos en la temporada, las utilidades se incrementan y la cantidad excedente disminuye.

A partir del análisis anterior, la respuesta rápida es, evidentemente, ventajosa para el detallista de la cadena de suministro, con una advertencia: conforme el fabricante reduce los tiempos de espera de reabastecimiento, permitiendo un segundo pedido, observamos que el tamaño de pedido del detallista se reduce. En efecto, el fabricante vende menos al detallista. Por tanto, una respuesta rápida origina que la utilidad del fabricante sea más baja a corto plazo, si no intervienen otros factores. Éste es un punto importante a considerar, ya que disminuir los tiempos de espera de reabastecimiento implica un gran esfuerzo por parte del fabricante; no obstante, parece beneficiar al detallista a expensas del fabricante. Los beneficios que resultan de una respuesta rápida deben ser compartidos de manera apropiada a lo largo de la cadena de suministro.

APLAZAMIENTO: IMPACTO EN LAS UTILIDADES E INVENTARIO

Como se analizó en el capítulo 11, el aplazamiento se refiere al retraso en la diferenciación del producto hasta que se acerca la venta del producto. Con el aplazamiento, todas las actividades previas a la diferenciación del producto requieren pronósticos agregados que son más precisos que los de los productos individuales. Los pronósticos individuales para cada producto se requieren cuando se acerca el momento de la venta y la demanda se conoce con mayor precisión. Como resultado, el aplazamiento permite a la cadena de suministro ajustar mejor la oferta a la demanda. Asimismo, puede ser una poderosa herramienta administrativa para incrementar la rentabilidad; en especial, en el comercio electrónico, debido a la demora que existe entre el momento en que los clientes colocan el pedido y el momento en que esperan la entrega. Si la cadena puede aplazar la diferenciación del producto hasta después de recibir el pedido del cliente, se incrementarán las utilidades en forma considerable y se logrará una reducción en los inventarios.

El mayor beneficio del aplazamiento se debe a que la oferta se ajusta mejor a la demanda. Existe, sin embargo, un costo asociado con el aplazamiento, ya que el costo de producción al utilizar el aplazamiento es, en general, más alto que el costo de producir sin él. Por ejemplo, el proceso de producción en Benetton, donde se tiñen las prendas después de tejerlas, cuesta cerca de 10% más que si se tejiera el hilo teñido. De igual manera, cuando Hewlett-Packard aplaza algunos de los pasos de ensamblaje de sus impresoras europeas en el CD europeo, los costos de fabricación aumentan debido a que el empaque, desempaque y algunos otros pasos deben duplicarse. Dado el incremento en el costo de producción por el aplazamiento, una compañía debe cuantificar los beneficios y asegurar que sean más grandes que los costos adicionales.

El aplazamiento es valioso para la compañía que vende una gran variedad de productos con demanda que es independiente y comparable en tamaño. Ilustramos esto empleando el ejemplo de Benetton. Una gran porción de sus ventas proviene de prendas tejidas en colores lisos. Iniciando con el hilo, existen dos pasos para terminar la prenda: teñir y tejer. Por tradición, el hilo era teñido y, luego, se tejía la prenda (opción 1). Benetton ha desarrollado un procedimiento donde el teñido es aplazado hasta después de que se teje la prenda (opción 2).

Benetton vende cada prenda tejida a un precio al detalle de $p = 50$ dólares. La opción 1 resulta en un costo de fabricación de 20 dólares, mientras que la opción 2 resulta en un costo de fabricación de 22 dólares por prenda. Benetton se deshace de las prendas sin vender al final de la temporada en una venta de liquidación por $s = 10$ dólares cada una. El proceso de tejido o fabricación dura un total de 20 semanas. Para nuestros fines, supondremos que Benetton vende las prendas en cuatro colores. Con veinte semanas de anticipación, Benetton pronostica que la demanda de cada color estará distribuida normalmente, con una media de $\mu = 1{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma = 500$. La demanda de cada color es independiente. Con la opción 1, Benetton toma la decisión de comprar para cada color 20 semanas antes del periodo de ventas y mantiene inventarios separados de cada color. Con la opción 2, Benetton pronostica sólo el hilo sin teñir agregado que deberá comprar 20 semanas por adelantado. El inventario mantenido se basa en la demanda agregada de los cuatro colores. Benetton decide la cantidad de cada color después de que se conoce la demanda. A continuación, cuantificamos el impacto del aplazamiento en Benetton.

Con la opción 1, Benetton debe decidir la cantidad de hilo teñido que comprará de cada color. Para cada color tenemos

Precio al detalle, $p = \$50$
Costo de fabricación, $c = \$20$
Valor de rescate, $s = \$10$

Con la ecuación 12.1, obtenemos el nivel de servicio de ciclo óptimo para cada color como

$$CSL^* = \frac{p - c}{p - s} = \frac{30}{40} = 0.75$$

Utilizando la ecuación 12.2, la cantidad óptima de compra de hilo de cada color es

$$O^* = NORMINV(CSL^*, \mu, \sigma) = NORMINV(0.75, 1000, 500) = 1{,}337$$

Por tanto, es óptimo para Benetton producir 1,337 unidades de cada color. Con la ecuación 12.3, la utilidad esperada de cada color es

Utilidades esperadas = \$23,644

Si se usan las ecuaciones 12.4 y 12.5, los faltantes y excedentes esperados de cada color son

Faltantes esperados = 412
Excedentes esperados = 75

Con la opción 1, en todos los colores, Benetton produce 5,348 suéteres. Esto da como resultado una utilidad esperada de 94,576 dólares con un promedio de 1,648 suéteres vendidos en liquidación al final de la temporada y el rechazo de 300 clientes por la carencia de los mismos.

Con la opción 2, Benetton debe decidir el número total de suéteres que producirá en los cuatro colores, ya que éstos pueden teñirse del color apropiado una vez que se conozca la demanda. En este caso tenemos

Precio al detalle, $p = \$50$
Costo de fabricación, $c = \$22$
Valor de rescate, $s = \$10$

Utilizando la ecuación 12.1, el nivel de servicio del ciclo para cada color es

$$CSL^* = \frac{p - c}{p - s} = \frac{28}{40} = 0.70$$

Dado que la demanda de cada color es independiente, la demanda total de los cuatro colores se evalúa con las ecuaciones 11.12 y 11.13 para que esté distribuida normalmente, con una media de μ_A y una desviación estándar de σ_A, donde

$$\mu_A = 4 \times 1{,}000 = 4{,}000 \qquad \sigma_A = \sqrt{4} \times 500 = 1{,}000$$

Si se emplea la ecuación 12.2, la cantidad de producción agregada óptima para Benetton está dada por O_A^*, donde

$$O_A^* = NORMINV(0.7, \mu_A, \sigma_A) = NORMINV(0.7, 4000, 1000) = 4{,}524$$

Con la opción 2, resulta conveniente para Benetton producir 4,524 suéteres sin teñir y hacerlo conforme la demanda por color esté disponible. La utilidad esperada se evalúa utilizando la ecuación 12.3

Utilidades esperadas = $98,092

Con la ecuación 12.4, el excedente esperado es de 715 y el faltante esperado es de 190. Por tanto, el aplazamiento incrementa las utilidades esperadas de Benetton de 94,576 dólares a 98,092 dólares. El excedente esperado desciende de 1,648 a 715 y el faltante esperado desciende de 300 a 190. Claramente, el uso del aplazamiento y la producción con la opción 2 es una buena decisión para Benetton en este caso.

PUNTO CLAVE El aplazamiento permite a la compañía incrementar las utilidades para ajustar mejor la oferta a la demanda si la compañía produce una gran variedad de productos cuya demanda no está correlacionada de manera positiva y es aproximadamente del mismo tamaño.

El aplazamiento no es muy efectivo si un solo producto representa una gran fracción de la demanda. Esto se debe a que, en este caso, el beneficio de la agregación es pequeño mientras que el incremento en el costo de producción aplica a todos los artículos producidos. Ilustramos este concepto una vez más con Benetton como ejemplo.

Supongamos que la demanda de suéteres rojos en Benetton se pronostica que está distribuida normalmente, con una media de $\mu_{rojo} = 3{,}100$ y una desviación estándar de $\sigma_{rojo} = 800$. La demanda de los otros tres colores se pronostica que está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 300$ y una desviación estándar de $\sigma = 200$. Observe que los suéteres rojos constituyen cerca de 80% de la demanda.

Con la opción 1, el nivel de servicio de ciclo óptimo CSL^* es 0.75, como se evaluó previamente. Utilizando la ecuación 12.2, la producción óptima de suéteres rojos está dada por

$$O^* = NORMINV(CSL^*, \mu_{rojo}, \sigma_{rojo}) = NORMINV(0.75, 3100, 800) = 3{,}640$$

Empleando la ecuación 12.3, la utilidad esperada de los suéteres rojos es de 82,831 dólares. Con la ecuación 12.4, el excedente esperado de suéteres rojos es de 659; usando la ecuación 12.5, el faltante esperado de suéteres rojos es de 119. Para cada uno de los otros colores, evaluamos de modo similar la producción adecuada para que sea de 435 suéteres. Esto da como resultado una utilidad esperada de 6,458 dólares, un excedente esperado de 165 y un faltante esperado de 30. En los cuatro colores, la opción 1 da como resultado lo siguiente:

Producción total = 4,945
Utilidad esperada = $102,205

Excedente esperado = 1,154
Faltante esperado = 209

Con la opción 2, Benetton tiene que decidir sólo la producción total de los cuatro colores. Dado que la demanda de cada color es independiente, la demanda total de los cuatro colores se evalúa utilizando las ecuaciones 11.12 y 11.13 para que esté distribuida normalmente, con una media de μ_A y una desviación estándar de σ_A, donde

$$\mu_A = 3{,}100 + 3 \times 300 = 4{,}000 \qquad \sigma_A = 872$$

Con la opción 2, repetimos todos los cálculos para obtener lo siguiente:

Producción total = 4,457
Utilidad esperada = $99,872
Excedente esperado = 623
Faltante esperado = 166

En este caso, Benetton ve disminuir sus utilidades como resultado del aplazamiento. Esto se debe a que una gran porción de la demanda es de los suéteres rojos, los cuales pueden pronosticarse con una precisión razonable. El aplazamiento y la agregación resultante hacen muy poco por mejorar la precisión del pronóstico de suéteres rojos. Sin embargo, mejora la precisión del pronóstico para los otros tres colores, pero éstos representan sólo una pequeña fracción de la demanda. Mientras tanto, los costos de producción se incrementan para todos los suéteres. Como resultado, el incremento en los costos de producción sobrepasa los beneficios del aplazamiento.

PUNTO CLAVE El aplazamiento puede reducir las utilidades totales de la compañía si un solo producto contribuye a la mayor parte de la demanda, ya que el incremento en el gasto de fabricación debido al aplazamiento sobrepasa el pequeño beneficio que proporciona la agregación en este caso.

En el *aplazamiento a la medida*, la compañía utiliza la producción con aplazamiento para satisfacer una parte de su demanda y el resto se satisface sin aplazamiento. El aplazamiento a la medida produce más utilidades que cuando no se usa o cuando todos los productos se fabrican utilizando el aplazamiento. Con el aplazamiento a la medida, una compañía produce la cantidad que muy probablemente venderá con el método de producción de más bajo costo sin aplazamiento. La compañía produce la porción de la demanda que es incierta usando el aplazamiento. En la porción de la demanda que se conoce con certeza, el aplazamiento proporciona poco valor en función de una mejor precisión en el pronóstico. Por lo tanto, la compañía produce empleando el método de menor costo para disminuir el costo de fabricación. En la porción de la demanda que es incierta, el aplazamiento mejora significativamente la precisión del pronóstico. Así, la compañía está dispuesta a incurrir en un costo de producción mayor para lograr el beneficio de igualar mejor la oferta y la demanda. Ilustramos la idea de un aplazamiento a la medida con el ejemplo de Benetton.

Considere el escenario en el cual Benetton vende cuatro colores y el pronóstico de la demanda de cada color es que está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 1{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma = 500$. Hemos observado anteriormente que el uso del aplazamiento incrementa las utilidades de Benetton. Ahora, consideramos una situación en la cual la empresa aplica el aplazamiento a la medida y usa tanto la opción 1 (teñir el hilo y, luego, tejer la prenda) como la opción 2 (teñir la prenda ya tejida) para producir. Para cada color, Benetton identifica una cantidad Q_1 que se fabricará utilizando la opción 1 y una cantidad agregada Q_A que se fabricará con la opción 2, siendo asignados los colores para la cantidad agregada cuando la demanda se conoce. A continuación, identificamos la política de aplazamiento a la medida apropiada y su impacto en las utilidades e inventarios. No hay fórmula que pueda usarse para evaluar la política óptima y las utilidades. De ese modo, recurrimos a la simulación para estudiar el

TABLA 12-6 Promedio de 500 simulaciones para las políticas de aplazamiento a la medida

Política de fabricación				
Q_1	Q_A	*Utilidad promedio*	*Excedente esperado*	*Faltante esperado*
0	4,524	$97,847	510	210
1,337	0	$94,377	1,369	282
700	1,850	$102,730	308	168
800	1,550	$104,603	427	170
900	950	$101,326	607	266
900	1,050	$101,647	664	230
1,000	850	$100,312	815	195
1,000	950	$100,951	803	149
1,100	550	$99,180	1,026	211
1,100	650	$100,510	1,008	185

impacto de las diferentes estrategias. Los resultados de diversas simulaciones se muestran en la tabla 12-6. Aquí, observamos que Benetton puede incrementar su utilidad esperada a 104,603 dólares al utilizar una política de aplazamiento a la medida con la cual se producen 800 unidades de cada color con la opción 1 y 1,550 unidades con la opción 2. La utilidad resultante es más alta que si todas las unidades se produjesen por completo utilizando la opción 1 o 2. Es muy probable que la demanda de cada color sea 800 o más alta. La política de aplazamiento a la medida explota este hecho y produce estas unidades con la opción 1, la cual tiene un bajo costo. Las unidades restantes se producen con la opción 2 para que la incertidumbre de la demanda pueda reducirse mediante la agregación.

PUNTO CLAVE El aplazamiento a la medida permite a la compañía incrementar la rentabilidad al aplazar sólo la parte incierta de la demanda y producir la parte predecible a un costo más bajo sin aplazamiento.

APROVISIONAMIENTO A LA MEDIDA: IMPACTO EN LAS UTILIDADES E INVENTARIOS

En el *aprovisionamiento a la medida*, las compañías utilizan una combinación de dos fuentes: una que se enfoca en el costo, pero que es incapaz de manejar bien la incertidumbre y la otra que se enfoca en la flexibilidad para manejar la incertidumbre, pero a un costo más alto. Para que el aprovisionamiento a la medida sea efectivo, no basta tener fuentes de suministro tales que una actúe como respaldo de la otra. Las dos fuentes se deben enfocar en diferentes capacidades. La fuente de bajo costo debe centrarse en ser eficiente y debe ser requerida para proveer la porción predecible de la demanda. La fuente flexible debe orientarse en tener una buena capacidad de respuesta y utilizarse para proveer la porción incierta de la demanda. Como resultado, el aprovisionamiento a la medida permite a la compañía incrementar sus utilidades y ajustar mejor la oferta a la demanda. El valor del aprovisionamiento a la medida depende de la reducción en el costo que pueda lograrse como consecuencia de una fuente ante la ausencia de variabilidad. Si este beneficio es pequeño, el aprovisionamiento a la medida pudiera no ser ideal debido a la complejidad agregada de la implementación. El aprovisionamiento a la medida puede basarse en el volumen o en el producto, dependiendo de la fuente de incertidumbre.

En el *aprovisionamiento a la medida basado en el volumen*, la parte predecible de la demanda del producto se produce en una instalación eficiente, mientras que la porción incierta se genera en un una instalación flexible. Benetton es un ejemplo del aprovisionamiento a la medida basado en el volumen. Benetton requiere que los detallistas envíen alrededor de 65% de sus

pedidos siete meses antes de iniciar la temporada de ventas. Benetton subcontrata la producción de esta porción sin incertidumbre con fuentes de bajo costo que tienen largos tiempos de espera de varios meses. Para el 35% restante, Benetton permite a los detallistas colocar los pedidos cuando la temporada de ventas está más cerca, o incluso después de su inicio. Toda la incertidumbre se concentra en esta porción del pedido. La compañía produce esta porción del pedido en una planta de su propiedad que es muy flexible y cuyo costo de producción es más alto que el de producir con un subcontratista. No obstante, la planta puede producir con un tiempo de espera de pocas semanas. Una combinación de las dos fuentes facilita a Benetton reducir sus inventarios al tiempo que incurre en un alto costo de producción en sólo una parte de su demanda. Esto le permite aumentar sus utilidades.

El aprovisionamiento a la medida basado en el volumen debe ser considerado por las compañías que han trasladado mucha de su producción a otros países para aprovechar los bajos costos. Éstos también vienen acompañados de tiempos de espera más largos. En tal situación, contar con una fuente local flexible con tiempos de espera cortos puede ser muy efectivo, a pesar de que sea más onerosa. Los tiempos de espera largos requieren grandes inventarios de seguridad, y el desajuste resultante entre la oferta y la demanda afecta las utilidades. La presencia de la fuente local permite a la compañía mantener inventarios de seguridad bajos y satisfacer la demanda en exceso con la fuente local. La combinación más efectiva es que la fuente fuera del país se enfoque en reabastecer los inventarios de ciclo sin tomar en cuenta la incertidumbre. La fuente local se maneja como un respaldo en cualquier momento que la demanda exceda el inventario disponible.

En el *aprovisionamiento a la medida basado en el producto*, los productos de bajo volumen con demanda incierta se obtienen de una fuente flexible mientras que los productos de volumen alto con menos incertidumbre de la demanda se consiguen de una fuente eficiente. Un ejemplo de esto es Levi Strauss que vende *jeans* en tallas estándar y *jeans* que pueden ser personalizados para ajustarse a un individuo. Los primeros tienen una demanda relativamente estable, mientras que la demanda de los segundos es impredecible. Los *jeans* a la medida se producen en una instalación flexible, mientras que los *jeans* estándar, en una instalación eficiente.

En algunos casos, los nuevos productos tienen una demanda incierta mientras que los productos bien establecidos tienen una demanda más estable. El aprovisionamiento a la medida con base en el producto puede ser implementado con una instalación flexible que se centra en nuevos productos e instalaciones flexibles que se enfocan en los productos bien establecidos.

12.4 ESTABLECIMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE MÚLTIPLES PRODUCTOS CON RESTRICCIONES DE CAPACIDAD

Hasta el momento, en nuestro análisis hemos supuesto que la compañía puede establecer el nivel deseado de disponibilidad del producto y que no existen restricciones que interfieran con esta decisión. Un panorama común en el cual esta suposición falla es cuando el nivel deseado de disponibilidad del producto produce un tamaño de pedido que rebasa la capacidad disponible en el proveedor. Al ordenar un producto único, es recomendable para el comprador ordenar el mínimo de la capacidad disponible y la cantidad óptima de pedido. Sin embargo, al ordenar múltiples productos el comprador necesita considerar el equilibrio entre ordenar más de un producto en comparación con otro.

Considere una tienda departamental que planea ordenar dos estilos de suéteres a un proveedor italiano. La demanda del suéter de primera calidad es pronosticada con una distribución normal, con una media de $\mu_1 = 1{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma_1 = 300$. La demanda del suéter de mediana calidad tiene una distribución normal, con una media de $\mu_2 = 2{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma_2 = 400$. El suéter de primera calidad tiene un precio al detalle de $p_1 = 150$ dólares, un costo $c_1 = 50$ dólares, y un valor de rescate de $s_1 = 35$ dólares. El suéter

de mediana calidad tiene un precio al detalle de p_2 = 100 dólares, un costo c_2 = 40 dólares y un valor de rescate de s_2 = 25 dólares. Empleando la ecuación 12.1, el nivel óptimo de disponibilidad del producto para el suéter de primera clase es de 0.87 y para el suéter de mediana clase es de 0.8. Por tanto, sin restricciones de capacidad, es aconsejable para la tienda departamental ordenar 1,337 unidades del suéter de primera calidad y 2,337 unidades del suéter de mediana calidad. Si el proveedor tiene una restricción de capacidad de 3,000 unidades, la política de ordenar deseada no es posible y la tienda de departamentos debe disminuir el tamaño de su pedido a un total de cuando menos 674 unidades. ¿De donde debe provenir tal reducción? ¿Debe dividirse por igual entre los dos productos?

Primero, consideremos el método simple de disminuir el tamaño del pedido de cada producto en 337 unidades para lograr un pedido de 1,000 suéteres de primera calidad y 2,000 suéteres de mediana calidad. Este tamaño de pedido satisface la restricción de capacidad y la utilidad esperada es de 194,268 dólares (utilizando la ecuación 12.3). Para verificar si este tamaño de pedido es óptimo, podemos pensar en función de cómo la capacidad se distribuye en los dos estilos. Supongamos que hemos decidido asignar 1,000 unidades al suéter de primera calidad y 1,999 unidades al suéter de mediana calidad. Esto deja sólo la última unidad para que sea asignada. ¿A qué tipo de suéter debe ser asignada dicha unidad? Es sensato tomar esta decisión con base en la contribución marginal a las utilidades que se espera si esta unidad de capacidad se asigna a cada uno de los dos estilos. La última unidad de capacidad debe ser asignada al suéter con la contribución marginal esperada más alta. Recordemos que $F_i(Q_i)$ es la probabilidad de que la demanda del producto i sea Q_i o menos, y sea $MC_i(Q_i)$ la contribución marginal de un suéter de tipo i si se ordena la cantidad Q_i. La contribución marginal se evalúa en forma similar a la tabla 12-2 y se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Contribución marginal esperada de un suéter de primera calidad} &= MC_1(1{,}000)\\ &= p_1[1 - F_1(1{,}000)] + s_1 F_1(1{,}000) - c_1\\ &= 150 \times (1 - 0.5) + 35 \times 0.5 - 50 = \$42.50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Contribución marginal esperada de un suéter de mediana calidad} &= MC_2(1{,}999)\\ &= p_2[1 - F_2(1{,}999)] + s_2 F_2(1{,}999) - c_2\\ &= 100 \times (1 - 0.499) + 25 \times 0.499 - 40 = \$22.57\end{aligned}$$

Es evidente que es mejor asignar la última unidad de capacidad al suéter de primera calidad en lugar de al de mediana calidad. De hecho, cambiar el tamaño del pedido a 1,001 suéteres de primera calidad y 1,999 suéteres de mediana calidad incrementa la utilidad esperada en casi 20 dólares. Uno puede ahora disminuir el tamaño del pedido de suéteres de mediana calidad a 1,998 y preguntar cómo debe ser asignada la última unidad. Repetir el procedimiento anterior indica que el tamaño del pedido de suéteres de primera calidad debe ser aumentado a cuando menos 1,002. De hecho, el tamaño del pedido de suéteres de primera calidad debe ser elevado hasta que la contribución marginal esperada del suéter de primera calidad sea igual que la del suéter de mediana calidad. En ese punto ya no tiene sentido modificar la capacidad de un tipo de suéter a otro. La asignación óptima de la capacidad resulta ser de 1,089 suéteres de primera calidad y 1,911 de mediana calidad. Las utilidades esperadas de este tamaño de pedido son de 195,152 dólares. Observemos que en el nivel óptimo, al suéter de primera calidad se le asigna una participación relativamente alta de la capacidad disponible. Ello se debe a que su margen en relación con costo de excedentes es mayor que el del suéter de mediana calidad.

La idea de asignar la capacidad disponible al producto con la contribución marginal esperada más alta puede convertirse en un procedimiento de solución. Supongamos que cada producto i tiene una demanda media de μ_i y una desviación estándar de σ_i. El producto i tiene un precio al detalle de p_i, un costo de c_i y un valor de rescate de s_i. Si la cantidad Q_i se asigna al producto i, la contribución marginal esperada se obtiene como

$$MC_i(Q_i) = p_i[1 - F_i(Q_i)] + s_i F_i(Q_i) - c_i$$

TABLA 12-7 Aplicación del procedimiento de solución para obtener cantidades de pedido con restricciones de capacidad

	Contribución marginal esperada		*Cantidad de pedido*	
Capacidad restante	*Primera calidad*	*Mediana calidad*	*Primera calidad*	*Mediana calidad*
3,000	99.95	60.00	0	0
2,900	99.84	60.00	100	0
2,100	57.51	60.00	900	0
2,000	57.51	60.00	900	100
800	57.51	57.00	900	1,300
780	54.59	57.00	920	1,300
300	42.50	43.00	1,000	1,700
200	42.50	36.86	1,000	1,800
180	39.44	36.86	1,020	1,800
40	31.89	30.63	1,070	1,890
30	30.41	30.63	1,080	1,890
10	29.67	29.54	1,085	1,905
1	29.23	29.10	1,088	1,911
0	29.09	29.10	1,089	1,911

El siguiente procedimiento asigna cada unidad de capacidad al producto con la mayor contribución marginal esperada. Sea B la capacidad disponible total.

1. Establecer la cantidad $Q_i = 0$ para todos los productos i.
2. Calcular la contribución marginal esperada $MC_i(Q_i)$ para cada producto i.
3. Si la contribución marginal esperada no es positiva, parar. Si no, sea j el producto con la mayor contribución marginal esperada. Incrementar Q_j en una unidad.
4. Si la cantidad total de todos los productos es menor que B, regresar al paso 2. Si no, la restricción de la capacidad ha sido cumplida y las cantidades actuales son las óptimas.

Los resultados parciales de la aplicación del procedimiento descrito previamente para la tienda departamental se muestran en la tabla 12-7.

Las cantidades de pedido con restricciones de capacidad también pueden obtenerse resolviendo un problema de optimización. Sea $\Pi_i(Q_i)$ la utilidad esperada obtenida empleando la ecuación 12.3 de ordenar Q_i unidades de producto i. Las cantidades de pedido apropiadas pueden obtenerse resolviendo el siguiente problema de optimización.

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{n} \Pi_i(Q_i)$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i \leq B$$

$$Q_i \geq 0$$

PUNTO CLAVE Al ordenar múltiples productos con una capacidad de suministro limitada, la asignación de la capacidad a los productos debe basarse en su contribución marginal esperada a las utilidades. Este método asigna una fracción relativamente más alta de capacidad a los productos que tienen un margen alto en relación con el costo de excedentes.

12.5 ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES ÓPTIMOS DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO EN LA PRÁCTICA

1. ***Emplear los marcos analíticos de este capítulo para incrementar las utilidades.*** Muchas compañías establecen niveles de inventario sin un análisis que los fundamente. Los gerentes proporcionan valor significativo a la compañía al cambiar esto mediante el uso de los conceptos analizados en este capítulo. Los conceptos no sólo proporcionan un método para que la compañía apunte al nivel óptimo de disponibilidad de producto, sino que también ayudan a identificar las palancas administrativas que pueden emplearse para incrementar la rentabilidad.

2. ***Tener cuidado con los niveles preestablecidos de disponibilidad.*** Con frecuencia, las compañías tienen un objetivo preestablecido de disponibilidad del producto sin justificación alguna. En tal situación, los gerentes deben investigar las razones en las que se basa el nivel objetivo de disponibilidad del producto. El gerente puede proporcionar valor significativo al ajustar el nivel objetivo de disponibilidad del producto a uno que maximice las utilidades.

3. ***Utilizar costos aproximados ya que las soluciones que maximizan las utilidades son muy robustas.*** Las compañías deben evitar hacer esfuerzos desmedidos para obtener estimados precisos de varios costos usados para evaluar los niveles óptimos de disponibilidad del producto. Los niveles de disponibilidad del producto cercanos a lo óptimo con frecuencia producen utilidades que se acercan a lo óptimo. Así, no es crucial que todos los costos se estimen con precisión. Una aproximación razonable de los costos generalmente produce niveles objetivo de disponibilidad del producto que se acercan a lo óptimo.

4. ***Estimar un rango para el costo de desabasto.*** Los esfuerzos de la compañía por establecer los niveles de disponibilidad del producto a menudo se quedan empantanados en el debate sobre el costo de desabasto. El carácter, en ocasiones polémico, de este costo y sus componentes difíciles de cuantificar (como la pérdida de la preferencia de los clientes) complica que el personal de las diferentes funciones se ponga de acuerdo en una cifra. Sin embargo, casi nunca es necesario estimar el costo preciso de desabasto. El gerente puede identificar los niveles apropiados de disponibilidad y las utilidades asociadas empleando un rango del costo de desabasto. Por lo general, las utilidades no cambian en forma considerable dentro del rango y, por tanto, se elimina la necesidad de una estimación más precisa del costo de desabasto.

5. ***Asegurar que los niveles de disponibilidad del producto se ajusten a la estrategia.*** El gerente debe utilizar el nivel de disponibilidad del producto que indique el análisis, junto con los objetivos estratégicos de la compañía, para establecer el nivel objetivo de disponibilidad del producto. En algunos casos, la compañía puede considerar apropiado ofrecer un nivel de disponibilidad del producto para un artículo de volumen bajo que no es muy rentable, pero que es requerido por clientes importantes. Una compañía que pretende proyectar una imagen de disponibilidad del producto puede considerar apropiado ofrecer un alto nivel de disponibilidad de todos los productos, aun cuando los márgenes de cada producto en lo individual no lo justifiquen.

12.6 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Identificar los factores que afectan el nivel óptimo de disponibilidad del producto y evaluar el nivel de servicio de ciclo óptimo.

   El costo de tener excedentes de una unidad y la pérdida del margen actual y futuro provocada por faltantes de una unidad son los dos factores principales que afectan el nivel óptimo de disponibilidad del producto. El nivel óptimo de disponibilidad se logra al equilibrar los costos de excedentes y faltantes. Conforme se incrementa el costo de excedentes, lo óptimo es disminuir el nivel objetivo de disponibilidad del producto. En tanto aumenta el margen perdido a causa de los faltantes, lo óptimo es acrecentar el nivel objetivo de disponibilidad del producto.

2. Emplear las palancas administrativas que mejoran la rentabilidad de la cadena de suministro mediante niveles de servicio óptimos.

   Un gerente puede incrementar la rentabilidad de la cadena (a) al incrementar el valor de rescate de cada unidad excedente, (b) al disminuir el margen perdido a causa del desabasto, (c) utilizando un pronóstico mejorado para reducir la incertidumbre de la demanda, (d) usando una respuesta rápida para reducir los tiempos de espera y permitir múltiples pedidos en una temporada, (e) empleando el aplazamiento para retrasar la diferenciación del producto y (f) utilizando un aprovisionamiento a la medida con una fuente de suministro flexible con tiempo de espera corto que actúe como respaldo de una fuente de suministro de bajo costo.

Preguntas de discusión

1. Considere dos productos con el mismo costo, pero con márgenes diferentes. ¿Cuál producto debe tener un alto nivel de disponibilidad? ¿Por qué?
2. Considere dos productos con el mismo margen que se venden en una tienda detallista. Las unidades sobrantes de uno de los productos no tienen valor. Las unidades sobrantes del otro producto pueden venderse en tiendas de descuento. ¿Cuál producto debe tener un nivel más alto de disponibilidad? ¿Por qué?
3. Una compañía mejora la precisión de sus pronósticos empleando mejor la información del mercado. ¿Qué impacto tendrá esto en los inventarios de la cadena de suministro y en la rentabilidad? ¿Por qué?
4. ¿Cómo puede el aplazamiento de la diferenciación del producto ser empleado para mejorar la rentabilidad de la cadena de suministro?
5. Históricamente, Mattel ha permitido a sus detallistas de juguetes colocar dos pedidos para la temporada de compras navideñas. Ahora, la compañía está considerando permitirles colocar sólo un pedido. ¿Qué impacto tendrá esto en los pedidos de los detallistas? ¿Qué efecto tendrá en las utilidades de la cadena de suministro?
6. Analice por qué un proveedor caro que ofrece tiempos de espera cortos y se utiliza como respaldo de un proveedor de bajo costo con tiempos de espera largos puede producir utilidades más altas que si se usa sólo un proveedor de bajo costo.

Ejercicios

1. Green Thumb, un fabricante de equipo para el cuidado del jardín, ha introducido un nuevo producto. Cada unidad tiene un costo de fabricación de 150 dólares y el precio introductorio es de 200 dólares. A este precio, la demanda prevista está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 100$ y una desviación estándar de $\sigma = 40$. No es probable que las unidades que se queden sin vender al final de la temporada tengan valor, por lo que serán desechadas en una venta de liquidación por 50 dólares cada una. Cuesta 20 dólares mantener una unidad en inventario durante toda la temporada. ¿Cuántas unidades debe fabricar Green Thumb para vender? ¿Cuál es la utilidad esperada de esta política? En promedio, ¿cuantos clientes espera rechazar Green Thumb debido al desabasto?
2. El gerente general de Green Thumb decide realizar un extenso estudio de mercado para su nuevo producto. Al final del estudio de mercado, el gerente estima que la demanda estará distribuida normalmente, con una media de $\mu = 100$ y una desviación estándar de $\sigma = 15$. ¿Cómo debe Green Thumb modificar sus planes de producción del ejercicio 1 como resultado del estudio de mercado? ¿Qué aumento en las utilidades se observará probablemente? ¿Cómo afecta el pronóstico mejorado la demanda perdida por Green Thumb debido a los faltantes? Use la información de costos y precios del ejercicio 1.
3. El gerente de Goodstone Tires, un distribuidor de llantas en Illinois, maneja una política de revisión continua para administrar el inventario. En la actualidad, el gerente ordena 10,000 llantas cuando el inventario de llantas cae a 6,000. La demanda semanal de llantas está distribuida normalmente, con una media de 2,000 y una desviación estándar de 500. El tiempo de espera de reabastecimiento de llantas es de dos semanas. Cada llanta cuesta a Goodstone 40 dólares y la compañía vende cada una en 80 dólares. Goodstone incurre en un costo de mantener inventario de 25%. ¿Cuánto inventario de seguridad mantiene en la actualidad Goodstone? ¿A qué costo de faltantes se justifica la actual política del inventario? ¿Cuánto inventario de seguridad debe mantener Goodstone si el costo de faltantes es de 80 dólares por llanta en el margen perdido actual y futuro?

4. Champion fabrica chalecos de lana para vender en Estados Unidos durante el invierno. La demanda de los chalecos durante la temporada está distribuida normalmente, con una media de 20,000 y una desviación estándar de 10,000. Cada chaleco se vende en 60 dólares y cuesta 30 dólares producirlo. Cualquier chaleco sobrante al final de la temporada se vende en 25 dólares en una venta de liquidación. Mantener los chalecos hasta la venta de final del año agrega otros 5 dólares a su costo. Un empleado ha propuesto enviar los chalecos sobrantes a América del Sur para venderlos ahí durante el invierno en lugar de realizar una venta de liquidación. Cada chaleco tendrá un precio de 35 dólares en América del Sur donde es muy probable que se vendan todos. Los costos de envío agregan 5 dólares al precio de cualquier chaleco vendido en América del Sur. ¿Recomendaría la opción de venderlos en América del Sur? ¿Cómo afectará esta decisión las de producción en Champion? ¿Cómo afectará esto la rentabilidad de Champion? En promedio, ¿cuántos chalecos enviará Champion a América del Sur cada temporada?
5. Snoblo, un fabricante de sopladores de nieve, vende cuatro modelos. El modelo básico, Reguplo, tiene una demanda que está distribuida de manera normal, con una media de 10,000 y una desviación estándar de 1,000. Los otros tres modelos tienen características adicionales y cada uno posee una demanda que está distribuida de manera normal, con una media de 1,000 y una desviación estándar de 700. En la actualidad, los cuatro modelos se fabrican en la misma línea a un costo de 100 dólares para Reguplo y de 110 dólares para los otros tres modelos. Reguplo se vende en 200 dólares, mientras que cada uno de los demás modelos se vende en 220 dólares. Cualquier soplador sin vender se liquida al término de la temporada en 80 dólares. Snoblo está considerando emplear un aprovisionamiento a la medida estableciendo dos líneas separadas: una para Reguplo y otra para los otros tres. Dado que no se requerirán cambios en la línea de Reguplo, el costo de producción esperado se calcula que descienda a 90 dólares. Sin embargo, el costo de producción de los otros tres productos se incrementará a 120 dólares. ¿Recomendaría un aprovisionamiento a la medida para Snoblo? ¿Cómo afectará el aprovisionamiento a la medida la producción y las utilidades? No tome en cuenta los costos de mantener inventario de los sopladores de nieve.
6. AnyLogo provee a las compañías ropa con su logotipo que será utilizada para propósitos de promoción. Sus clientes principales son IBM, AT&T, HP y Cisco. Durante la temporada navideña, los logotipos son adornados con motivos navideños. La demanda de cada compañía de ropa con motivos navideños está distribuida en forma normal, como se muestra en la tabla 12-8.

   En la actualidad, AnyLogo produce con anticipación a la temporada navideña toda la ropa incluyendo el bordado del logotipo en Sri Lanka. Cada unidad cuesta 15 dólares y se vende en 50 dólares. Cualquier inventario sobrante al final de la temporada navideña no tiene valor y se dona a la caridad. Mantener la ropa en inventario agrega 3 dólares al costo por unidad donada al inventario. Sin embargo, la donación permite a AnyLogo recuperar 6 dólares por unidad en ahorros impositivos. ¿Qué cantidades de producción le recomendaría a AnyLogo? ¿Cuál es la utilidad esperada de esta política? En promedio, ¿cuánto espera donar AnyLogo a la caridad cada año?
7. El gerente de AnyLogo está considerando la compra de máquinas de bordado de alta velocidad que le permitirán bordar según la demanda. En este caso, la ropa se fabricará en Sri Lanka sin logotipo alguno; el bordado del logotipo se aplazará y se realizará en Estados Unidos de acuerdo con la demanda. Esto incrementará el costo por unidad a 18 dólares. No obstante, AnyLogo no tendrá ropa navideña o de alguna compañía específica para rematar al final de la temporada. La ropa sin logotipo se vende a 18 dólares por unidad a los detallistas. El costo de mantener inventario y envío agrega 4 dólares al costo de cualquier sobrante de ropa después de la temporada navideña. Con toda la demás información como en el ejercicio 6, ¿recomendaría que el gerente implemente el aplazamiento? ¿Cuál sería el impacto del aplazamiento en las utilidades y en el inventario?

TABLA 12-8 Distribución de la demanda para AnyLogo

	IBM	*AT&T*	*HP*	*Cisco*
Demanda media	5,000	7,000	4,000	4,000
Desviación estándar	2,000	2,500	2,000	2,200

8. Una importante compañía de comida rápida está llevando a cabo una promoción de comidas para niños en las cuales ofrece el juguete de Sharky. Se colocará un pedido único para los juguetes. Cada juguete cuesta 0.50 dólares y cualquier juguete sin vender tendrá que ser destruido al final de la promoción. El margen de cada comida (incluyendo el juguete) es de 1.00 dólar y es probable que los niños se vayan a la competencia si la compañía de comida rápida se queda sin juguetes. La demanda de comidas con juguetes se pronostica que estará distribuida de manera normal, con una media de 50,000 y una desviación estándar de 15,000.
   (a) ¿Cuántos juguetes Sharky deberán ordenarse con anticipación a la promoción?
   (b) Se ha empezado a cuestionar que los clientes que van con la competencia es probable que se pierdan en el largo plazo. Se ha estimado que el costo de no tener juguetes en inventario es de 5 dólares por desabasto debido a la pérdida de ventas actuales y futuras. ¿Cómo afecta esta información al número de juguetes Sharky que serán ordenados?
9. Highland Company (THC) está planeando pedidos para su catálogo de invierno. Un pedido será colocado al inicio de la temporada. El pronóstico de la demanda para uno de sus chalecos es normal con una media de 5,000 y una desviación estándar de 2,000. Cada chaleco se compra en 100 dólares y cualquiera sin vender al final de la temporada se rematará en 75 dólares. A este precio, se espera vender todos los chalecos. Cuesta 15 dólares adicionales almacenar un chaleco sin vender durante la temporada y llevarlo a la tienda de descuento. Existe un desacuerdo básico dentro del comité de compras sobre el efecto de quedarse sin inventario y el número de chalecos a ordenar. Uno de los miembros considera que se deben ordenar 6,000 chalecos, mientras que otro opina que deben ser 8,000.
   (a) ¿A qué costo de desabasto estaría justificado el tamaño de pedido que propone cada miembro?
   (b) Si el precio de venta planeado es de 200 dólares, describa la situación en la cual ordenar 6,000 chalecos tendría sentido. Describa otra situación en la cual sería conveniente ordenar 8,000.
10. Sport Obermeyer (SO) es un fabricante de equipo para esquiar. Un chaleco para esquiar se aprovisiona a un costo de 80 dólares y se vende en 125 dólares. Al inicio de la temporada, se coloca un pedido. Actualmente, SO remata los chalecos sin vender al final de la temporada en tiendas de descuento al precio de 70 dólares. Cuesta 10 dólares mantener un chaleco en inventario durante toda la temporada y después enviarlo a una tienda de descuento. La demanda de chalecos para esquiar se ha pronosticado que estará distribuida normalmente, con una media de 4,000 y una desviación estándar de 1,750.
   (a) ¿Cuántos chalecos debe ordenar SO para la temporada suponiendo un pedido único?
   (b) ¿Cuál es la utilidad esperada de esta política?
   (c) ¿Cual es el excedente esperado al final de la temporada que se enviará a las tiendas de descuento?
   (d) SO está considerando una alternativa con la cual enviaría los chalecos excedentes al Hemisferio Sur al final de la temporada de venta. Incluyendo todos los costos, SO espera que el valor de rescate se incremente a 75 dólares con esta opción. ¿Cómo afectará este cambio la cantidad ordenada, las utilidades esperadas y el excedente esperado que se enviará al Hemisferio Sur? ¿Recomendaría esta opción?
11. La demanda diaria de aspirina en DoorRed Pharmacy está distribuida normalmente, con una media de 40 frascos y una desviación estándar de 5. El tiempo de espera de reabastecimiento del proveedor es de un día. La política de inventario actual en DoorRed es ordenar 200 frascos cuando la cantidad disponible cae a menos de 45. Cada frasco cuesta a DoorRed 4 dólares y la farmacia emplea un costo de mantener inventario de 25%.
   (a) Si se supone que la demanda no satisfecha se pondrá en backlog y se transferirá al siguiente ciclo, ¿qué costo de faltantes justifica esta política?
   (b) Si se supone que la demanda no satisfecha se perderá, ¿qué costo de desabasto justifica la política actual?
   (c) DoorRed considera que la demanda no satisfecha puede colocarse en backlog si se otorga a los clientes un descuento de 1.50 dólares en su siguiente compra (lo que hace que el costo de faltantes sea efectivamente de 1.50 dólares). ¿Qué política de inventario recomendaría a DoorRed?

12. Lake Grove Confectionaries (LGC) vende chocolates para la temporada navideña en cajas diseñadas especialmente. La compañía vende cuatro diseños diferentes y actualmente el empaquetado se lleva a cabo en la planta conforme se fabrican los chocolates. Toda la fabricación y empaquetado para la temporada navideña se termina antes de que ésta inicie. El pronóstico de la demanda de cada uno de los cuatro diseños es normal, con una media de 20,000 y una desviación estándar de 8,000. Cada caja cuesta 10 dólares y se vende en 20 dólares. Las cajas que no se venden al final de la temporada se descuentan a 8 dólares y se venden a este precio. El costo de mantener una caja en inventario durante toda la temporada antes de venderla con descuento es de 1 dólar.
    (a) ¿Cuántas cajas de cada diseño debe fabricar LGC?
    (b) ¿Cuál es la utilidad esperada con esta estrategia?
    (c) ¿Cuántas cajas espera vender LGC con descuento?
    (d) Una opción que está siendo considerada por LGC es separar la producción de chocolates del empaquetado. Los chocolates se producirán antes de que empiece la temporada y el empaque se realizará en una línea rápida conforme lleguen los pedidos. La línea rápida y la separación de los pasos agregan 2 dólares al costo de producción. ¿Cuántas cajas de chocolate debe fabricar LGC si decide aplazar el empaque? ¿Cuál es la utilidad esperada? ¿Cuántas cajas venderá LGC con descuento si emplea el aplazamiento?
    (e) ¿A qué costo adicional de aplazamiento (en lugar de 2 dólares actual) debe ser indiferente LGC entre operar con y sin aplazamiento?
13. The Knitting Company (TKC) está planeando la producción de sus cuatro estilos que son populares durante navidad. Éstos tienen una demanda que está distribuida normalmente. El estilo que mejor se vende tiene una demanda esperada de 30,000 y una desviación estándar de 5,000. Cada uno de los otros tres estilos tiene una demanda esperada de 10,000 con una desviación estándar de 4,000. Hoy día, todos los suéteres se producen antes de que comience la temporada. El costo de producción es de 20 dólares por suéter y se venden a un precio de mayoreo de 35 dólares. Cualquier suéter sin vender al final de la temporada se descuenta a un precio de 15 dólares al cual se vende. Cuesta 2 dólares mantener el suéter en inventario durante toda la temporada si no se vende.
    (a) ¿Cuántos suéteres de cada tipo debe fabricar TKC?
    (b) ¿Cuál es la utilidad esperada de esta política?
    (c) ¿Cuántos suéteres espera vender TKC con descuento?
    (d) TKC está considerando el aplazamiento del tejido y utilizar máquinas muy flexibles. Esto requerirá que se fabriquen suéteres básicos con anticipación (idénticos para cada uno de los cuatro tipos) y que se tejan los diseños finales más adelante. Lo anterior, incrementará el costo de producción por suéter a 21.40 dólares. ¿Cuántos suéteres debe fabricar TKC con aplazamiento? ¿Cuál es la utilidad esperada en esta estrategia?
    (e) Otra opción es producir un estilo popular sin aplazamiento y los otros tres con aplazamiento. ¿Cuál es la utilidad esperada con esta política?
14. Un diseñador está planeando los pedidos de sus adornos anuales de edición limitada. La demanda se pronostica que estará distribuida normalmente, con una media de 20,000 y una desviación estándar de 8,000. Cada adorno cuesta 30 dólares y se vende en 95 dólares. Todos los adornos sin vender se destruyen al final de la temporada, para asegurar el valor de la edición limitada.
    (a) ¿Cuántos adornos debe ordenar el diseñador? ¿Cuál es la utilidad esperada?
    (b) El fabricante ha ofrecido un precio de descuento de 28 dólares por adorno si se ordenan cuando menos 25,000. ¿Cómo debe responder el diseñador?
15. Un editor está imprimiendo calendarios para el año que viene. La demanda de calendarios está distribuida normalmente, con una media de 70,000 y una desviación estándar de 25,000. El costo por calendario es de 3 dólares y se vende en 10 dólares. Los calendarios sin vender se reciclan al final de enero.
    (a) ¿Cuántos calendarios debe mandar imprimir el editor? ¿Cuál es la utilidad esperada?
    (b) El impresor ha ofrecido rebajar el costo de impresión a 2.75 dólares por calendario si el editor ordena cuando menos 100,000. ¿Qué debe hacer el editor?

16. Un fabricante de electrónica ha subcontratado la producción de sus últimos reproductores MP3 a un fabricante en Asia. La demanda de los reproductores ha excedido todas las expectativas, mientras que el fabricante por contrato tiene capacidad de producción limitada. El fabricante de electrónica tiene tres tipos de reproductores, uno de 40 GB, uno de 20 GB y uno de 6 GB. Para la demanda navideña siguiente, el pronóstico de la demanda del reproductor de 40 GB está distribuida normalmente, con una media de 20,000 y una desviación estándar de 7,000; el pronóstico de la demanda del reproductor de 20 GB tiene una media de 40,000 y una desviación estándar de 11,000; el pronóstico de la demanda del reproductor de 6 GB tiene una media de 80,000 y una desviación estándar de 16,000. El reproductor de 40 GB tiene un precio de venta de 200 dólares, un costo de producción de 100 dólares y un valor de rescate de 80 dólares. El reproductor de 20 GB tiene un precio de venta de 150 dólares, un costo de producción de 90 dólares y un valor de rescate de 70 dólares. El reproductor de 6 GB tiene un precio de venta de 100 dólares, un costo de producción de 70 dólares y un valor de rescate de 50 dólares.
    (a) ¿Cuántas unidades de cada tipo de reproductor debe ordenar el fabricante de electrónica si no hay restricciones de capacidad?
    (b) El fabricante por contrato tiene una capacidad de producción disponible de sólo 140,000 unidades. ¿Cuál es la utilidad esperada si el fabricante de electrónica ordena 20,000 unidades del reproductor de 40 GB, 40,000 unidades del reproductor de 20 GB y 80,000 unidades del reproductor de 6 GB?
    (c) ¿Cuántas unidades de cada tipo de reproductor debe ordenar el fabricante de electrónica si la capacidad disponible es de 140,000? ¿Cuál es la utilidad esperada?

Bibliografía

Cachon, Gerard P., y Marshall L. Fisher, "Campbell Soup's Continuous Product Replenishment Program: Evaluation and Enhanced Decision Rules", *Production and Operations Management* 6, 1997, pp. 266-276.

Cachon, Gerard P. y Martin A. Lariviere, "Turning the Supply Chain into a Revenue Chain", *Harvard Business Review*, marzo de 2001, pp. 20-21.

Clark, Theodore H. y Janice H. Hammond, "Reengineering Channel Reordering Processes to Improve Total Supply Chain Performance", *Production and Operations Management* 6, 1997, pp. 248-265.

Fisher, Marshall L., Janice H. Hammond, Walter, R. Obermeyer y Ananth Raman, "Making Supply Meet Demand in an Uncertain World", *Harvard Business Review,* mayo-junio de 1994, pp. 83-93.

Nahmias, Steven, *Production and Operations Analysis,* Burr Ridge, IL, Richard P. Irwin, 1997.

Padmanabhan, V. e Ivan P. L. Png., "Returns Policies: Making Money by Making Good", *Sloan Management Review,* otoño de 1995, pp. 65-72.

Pasternack, Barry A., "Optimal Pricing and Return Policies for Perishable Commodities", *Marketing Science* 4, 1985, pp. 166-176.

Signorelli, Sergio y James L. Heskett. *Benetton (A),* Harvard Business School, Caso 9-685-014, 1984.

Silver, Edward A., David Pyke y Rein Petersen, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling,* Nueva York, Wiley, 1998.

Tayur, Sridhar, Ram Ganeshan y Michael Magazine (eds.), *Quantitative Models for Supply Chain Management,* Boston, Kluwer Academic Publishers, 1999.

The Critical-Fractile Method for Inventory Planning, Harvard Business School, Nota 9-191-132, 1991.

APÉNDICE 12A

NIVEL ÓPTIMO DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

Objetivo: Evaluar el nivel de disponibilidad del producto que maximiza la utilidad.

Análisis: En este análisis suponemos que la demanda es una variable aleatoria no negativa continua con función de densidad $f(x)$ y función de distribución acumulada $F(x)$. C_u es el margen por unidad y, como resultado, el costo de faltantes por unidad. C_o es el costo de excedentes por unidad.

Suponga que se compran Q unidades y surge una demanda de x unidades. Si $Q < x$, todas las unidades se venden y se obtiene QC_u. Por otra parte, sí $Q \geq x$, sólo x unidades se venden y se obtiene una utilidad de $xC_u - (Q - x)C_o$. La utilidad esperada $P(Q)$ está dada por

$$P(Q) = \int_0^Q [xC_u - (Q - x)C_o] f(x)dx + \int_Q^\infty QC_u f(x)dx$$

Para determinar el valor de Q que maximiza la utilidad esperada $P(Q)$, tenemos

$$\frac{dP(Q)}{d(Q)} = -C_o \int_0^Q f(x)dx + C_u \int_Q^\infty f(x)dx$$

$$= C_u[1 - F(Q)] - C_o F(Q) = 0$$

Esto implica un tamaño de pedido óptimo de Q^*, donde

$$F(Q^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o}$$

Es fácil verificar que la segunda derivada es negativa, lo que implica que la utilidad esperada total se maximiza en Q^*.

APÉNDICE 12B

UNA EVALUACIÓN INTERMEDIA

Objetivo: Dado que x está distribuida normalmente, con una media μ y una desviación estándar σ, demostrar que

$$A = \int_{x=-\infty}^{a} xf(x)dx = \mu F_S\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right] - \sigma f_S\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right] \quad \textbf{(12.8)}$$

Aquí, $f(x)$ es la función de densidad normal, $f_S(\ )$ es la función de densidad normal estándar y $F_S(\ )$ es la función de distribución normal acumulada estándar.

Análisis: Utilizando la ecuación 11.18 tenemos

$$A = \int_{x=-\infty}^{a} xf(x)dx = \int_{-\infty}^{a} x\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}\,dx$$

Sustituyendo $z = (x - \mu)/\sigma$. Esto implica que $dx = \sigma\, dz$. Por tanto, tenemos

$$A = \int_{z=-\infty}^{(a-\mu)/\sigma} (z\sigma + \mu)\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-z^2/2}\,dz$$

$$= \mu\int_{z=-\infty}^{(a-\mu)/\sigma} \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-z^2/2}\,dz + \sigma\int_{z=-\infty}^{(a-\mu)/\sigma} z\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-z^2/2}\,dz$$

Dada la relación entre la función de distribución acumulada y la función de densidad de probabilidades, usamos la definición de la distribución normal estándar y la ecuación 11.18 para obtener

$$F_S(t) = \int_{z=-\infty}^{t} f_S(z)dz = \int_{z=-\infty}^{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-z^2/2}\,dz$$

Sustituyendo A por $w = z^2/2$ dentro de la expresión. Esto implica que $dw = z\, dz$. Por tanto,

$$A = \mu F_S\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right] + \sigma\int_{w=\infty}^{(a-\mu)^2/2\sigma^2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-w}\,dw$$

o

$$A = \mu F_S\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right] - \sigma f_S\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right]$$

APÉNDICE 12C

UTILIDAD ESPERADA A PARTIR DE UNA ORDEN

Objetivo: Suponga que la demanda está distribuida normalmente, con una media μ y una desviación estándar σ. Cada unidad se vende por un precio $\$p$ y cuesta $\$c$. Cualquier unidad sin vender alcanza un valor de rescate de $\$s$. Obtener una expresión para la utilidad esperada si se ordenan O unidades.

Análisis: Si se ordenan O unidades y resulta que la demanda es $x < O$, cada una de las x unidades vendidas contribuye a $p - c$, mientras que cada una de las $(O - x)$ unidades sin vender resulta en una pérdida de $c - s$. Si la demanda es mayor que O, cada una de las O unidades vendidas contribuye a $p - c$. Así, obtenemos

Utilidades esperadas

$$= \int_{x=-\infty}^{O} [(p - c)x - (c - s)(O - x)]f(x)dx$$

$$+ \int_{x=O}^{\infty} O(p - c)f(x)dx = \int_{x=-\infty}^{O} [(p - s)x$$

$$- O(c - s)]f(x)dx + \int_{x=O}^{\infty} O(p - c)f(x)dx$$

Con la ecuación 12.8, tenemos

$$\int_{x=-\infty}^{O} xf(x)dx = \mu F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] - \sigma f_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

Podemos evaluar las utilidades esperadas como

Utilidades esperadas

$$= (p - s)\mu F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] - (p - s)\,\sigma f_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

$$- O(c - s)\,F(O, \mu, \sigma) + O(p - c)[1 - F(O, \mu, \sigma)]$$

APÉNDICE 12D

EXCEDENTES ESPERADOS DE UN PEDIDO

Objetivo: Suponga que la demanda está distribuida normalmente, con una media μ y una desviación estándar σ. Obtener una expresión para los excedentes esperados si se ordenan O unidades.

Análisis: Si se ordenan O unidades, se producen excedentes sólo si la demanda es $x < O$. Por tanto, tenemos

$$\text{Excedentes esperados} = \int_{x=-\infty}^{O} (O - x) f(x) dx$$

$$= \int_{x=-\infty}^{O} Of(x)dx - \int_{x=-\infty}^{O} xf(x)dx$$

$$= OF_S\left[\frac{O - \mu}{\sigma}\right] - \int_{x=-\infty}^{O} xf(x)dx$$

Utilizando la ecuación 12.8, tenemos

Excedentes esperados

$$= OF_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] - \mu F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] + \sigma f_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

$$= (O - \mu)F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] + \sigma f_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

APÉNDICE 12E

FALTANTES ESPERADOS DE UN PEDIDO

Objetivo: Supongamos que la demanda está distribuida normalmente, con una media μ y una desviación estándar σ. Obtener una expresión para los faltantes esperados si se ordenan O unidades.

Análisis: Si se ordenan O unidades, se producen faltantes sólo si la demanda es $x > O$. Así, tenemos

$$\text{Faltante esperado} = \int_{x=O}^{\infty} (x - O) f(x) dx$$

$$= \int_{x=O}^{\infty} x f(x) dx - \int_{x=O}^{\infty} O f(x) dx = \int_{x=-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

$$- \int_{x=-\infty}^{O} x f(x) dx - O\left\{1 - F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]\right\} = (\mu - O)$$

$$+ OF_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] - \int_{x=-\infty}^{O} x f(x) dx$$

Con la ecuación 12.8, tenemos

$$\text{Faltantes esperados} = (\mu - O) + OF_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

$$- \mu F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right] + \sigma f_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

$$= (\mu - O)\left\{1 - F_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]\right\} + \sigma f_S\left[\frac{(O - \mu)}{\sigma}\right]$$

APÉNDICE 12F

SIMULACIÓN EMPLEANDO HOJAS DE CÁLCULO

Una simulación es un modelo por computadora que reproduce una situación de la vida real, permitiendo al usuario estimar el posible resultado que tendría cada conjunto de acciones. La simulación es una herramienta muy potente que ayuda a evaluar el impacto de las decisiones de la empresa sobre el desempeño en un ambiente de incertidumbre. En algunos casos, los escenarios futuros pueden modelarse matemáticamente sin la simulación y se pueden obtener fórmulas para calcular el impacto de diferentes políticas sobre el desempeño. En otros casos, las fórmulas son difíciles o imposibles de obtener y uno debe usar la simulación. Las simulaciones son muy eficaces ya que permiten cualquier número de complicaciones. Con frecuencia, los problemas que son imposibles de resolver de manera analítica pueden resolverse con relativa facilidad con esta herramienta. Una buena simulación es una manera muy barata de experimentar diversas acciones e identificar la decisión más efectiva dado un futuro incierto.

Consideremos a Lands' End, una compañía que vende ropa por catálogo. Lands' End enfrenta incertidumbre de la demanda y tiene que tomar decisiones respecto al número de catálogos a imprimir y enviar por correo, el número de unidades de cada producto que debe ordenar y los contratos que celebrará con sus proveedores. El gerente general de Lands' End quiere evaluar las distintas estrategias antes de implementarlas. La simulación requiere que el gerente cree un modelo por computadora que imite los pedidos colocados, el inventario mantenido, la demanda del cliente y otros procesos que son parte de la cadena de suministro de Lands' End.

Un *caso* de demanda se refiere a la demanda aleatoria obtenida a partir de la distribución de la demanda. Cada vez que se genera demanda a partir de la distribución, da como resultado un nuevo caso. Con base en los estimados de la distribución de la demanda futura, los casos de demanda de diferentes productos se generan en forma aleatoria. El impacto de una política de ordenar se evalúa en cada caso de demanda generado. Con base en un gran número de casos de demanda, el gerente puede evaluar la media y la variabilidad del desempeño de una política, con lo cual pueden compararse diversas políticas.

Generación de números aleatorios utilizando Excel Un paso fundamental en cualquier simulación es la generación de números aleatorios que correspondan a la distribución que ha sido estimada para la demanda futura o algún otro parámetro. Por ejemplo, si Lands' End ha estimado que la demanda de suéteres de cachemira del catálogo de invierno está distribuida normalmente, con una media de 3,000 y una desviación estándar de 1,000, el gerente necesita generar varios casos de demanda a partir de esta distribución. Existen varias funciones disponibles en Excel que generan números aleatorios.

La función *RAND*( ) genera un número aleatorio que se distribuye de manera uniforme entre 0 y 1. Por tanto, existe un 10% de probabilidad de que *RAND*( ) genere un número entre 0 y 0.1, y un 50% de probabilidad de que genere un número aleatorio entre 0 y 0.5 y 90% de probabilidad de que genere un número aleatorio entre 0 y 0.9. La función *RAND*( ) puede emplearse para generar números aleatorios de una variedad de distribuciones.

La función de Excel *NORMINV*(*RAND*( ), μ, σ) genera un número aleatorio que está distribuido de manera normal, con una media μ y una desviación estándar σ. La función *NORMSINV*(*RAND*( )) genera un número aleatorio que está distribuido de manera normal, con una media de 0 y una desviación estándar de 1. El hecho de que tanto *NORMINV* como *NORMSINV* puedan generar números negativos con frecuencia ocasiona problemas cuando se emplean para generar demanda. Una opción es usar un máximo de 0 y *NORMINV(RAND( ),* μ, σ) para generar demanda. Esto es correcto si el coeficiente de variación, *cv*, es menor que 0.4. Para coeficientes de variación más grandes es mejor emplear una distribución log-normal, ya que genera sólo números positivos. La función de Excel *LOGINV*(*RAND*( ), μ, σ) genera un número aleatorio X que sigue la distribución log-normal, donde In(X) está distribuido normalmente, con una media μ y una desviación estándar σ. Diversas distribuciones de la demanda también pueden ser generadas usando otras funciones de Excel.

Construcción de un modelo simulación Lands' End planea vender suéteres de cachemira en su catálogo de invierno a 150 dólares cada uno. El gerente espera que la demanda esté distribuida de manera normal, con una media de $\mu = 3{,}000$ y una desviación estándar $\sigma = 1{,}000$. Hacia el final de la temporada de invierno, Lands' End envía un catálogo de ventas con precios con descuento de los artículos que no se vendieron. El precio de descuento determina la demanda en respuesta al catálogo de ventas. El gerente prevé que el catálogo de ventas creará una demanda de suéteres de cachemira con una media de $1{,}000 - 5p$ y una desviación estándar de $(1{,}000 - 5p)/3$, donde p es el precio con descuento que se cobra. Cualquier suéter sobrante después del catálogo de ventas es donado a la caridad. Cada suéter cuesta a Lands' End 50 dólares. Por tanto, la donación a la caridad produce beneficios fiscales de 25 dólores. Lands' End incurre en un costo de 5 dólares por suéter sin vender por almacenamiento y transporte a la beneficencia, lo que resulta en un valor de rescate de $s = 20$ dólares por suéter enviado a caridad. El gerente ha decidido cobrar un precio de descuento de máx($25, $150 − n/20), donde n es el número de suéteres sobrantes del catálogo de invierno. El gerente necesita identificar el número de suéteres que debe comprar al inicio de la temporada de invierno.

El primer paso es construir un modelo de simulación que evalúe la utilidad neta para un caso de demanda durante la temporada de invierno. El modelo se muestra en la figura 12-6.

FIGURA 12-6 Modelo de simulación en Excel para Lands' End

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	*Pedidos y precios en Lands' End*								
2									
3	Costo de los suéteres =			$50					
4	Precio de venta en el catálogo de invierno =			$150					
5	Demanda media del catálogo de invierno =			3,000					
6	Desviación estándar de la demanda del catálogo de invierno =			1,000					
7	Demanda descontada media =			341					
8	Desviación estándar de la demanda descontada =			113.58					
9									
10	Cantidad ordenada inicial =			3000		Ingresos de las ventas de descuento =			$150,000
11	Demanda del catálogo de invierno =			2637		Beneficio neto de la donación =			$395,550
12	Suéteres que se venderán con descuento =			363		Utilidad neta =			$30,194
13	Precio de descuento, *p* =			$131.90		Número promedio de suéteres descontados =			$2,680
14	Demanda a precio descontado =			229		Número promedio donado a caridad =			$278,424
15	Número vendido con descuento =			229					
16	Número donado a caridad =			134					
17									
18	Utilidad promedio =		$266,702			Costo de los suéteres ordenados =			376
19	Desviación estándar de la utilidad =		$64,959			Ingresos de las ventas de invierno =			180

Núm. de celda	Fórmula	Núm. de celda	Fórmula
D7	=1000-5*D13	D16	=D12-D15
D8	=D7/3	I10	=D3*D10
D11	=int(max(0,norminv(rand(),D5,D6))	I11	=min(D10,D11)*D4
D12	=max(0,D10-D11)	I12	=D15*D13
D13	=max(25,150-D12/20)	I13	=D16*20
D14	=int(max(0,norminv(rand(),D7,D8))	I14	=sum(I11:I13)-I10
D15	=min(D12,D14)		

Utilización de la tabla de datos para crear muchos casos Habiendo construido el modelo de simulación, el siguiente paso es crear muchos casos de demanda aleatoria y evaluar las utilidades promedio de ordenar 3,000 unidades. En Excel, las *tablas de datos* (*Data Tables*) se emplean para lograr repeticiones múltiples de la simulación. La meta es evaluar la media y la desviación estándar de las utilidades, el número promedio de suéteres descontados y el número promedio de suéteres donados a caridad a través de las repeticiones. La tabla de datos se construye en el rango A23:D522 para duplicar los resultados de la simulación de 500 casos de demanda de la siguiente manera:

1. Introducir fórmula =I14 en celda B23, =D12 en celda C23 y =D16 en celda D23. Como resultado, la utilidad se copia a la celda B23, la cantidad descontada se copia a la celda C23 y la cantidad dada para caridad se copia en la celda D23.
2. Seleccionar el rango A23:D522. En la barra de herramientas seleccionar *Date* | *Table*. En el cuadro de diálogo *Tabla*, señalar la celda A23 como la Column input cell (*celda de entrada de columna*). Hacer clic en OK (aceptar).

La tabla de datos se crea en el rango A23:D522. Cada fila de la tabla de datos da la utilidad, la cantidad descontada y la cantidad donada a caridad para un caso de demanda aleatoria. Excel calcula de nuevo la simulación con nuevos números aleatorios en cada fila de la tabla de datos. Ahora, podemos obtener la utilidad promedio, el número promedio de suéteres descontados y el número promedio de suéteres donados a caridad a partir de la tabla de datos. Éstos son calculados en las celdas C18, I18 e I19 respectivamente, en la figura 12-6.

Cada vez que se presiona la tecla F9, se generan nuevos números aleatorios y se recalculan todas las entradas. El gerente de Lands' End puede utilizar esta simulación para evaluar el impacto que las diferentes políticas sobre el pedido inicial tienen en el desempeño.

PARTE V

DISEÑO Y PLANEACIÓN DE REDES DE TRANSPORTE

CAPÍTULO 13
TRANSPORTE EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

La parte V se refiere a la directriz de transporte de la cadena de suministro, la última de nuestras cuatro secciones sobre cada una de las tres directrices logísticas. En el capítulo, analizamos las fortalezas y debilidades de diversos medios de transporte y las diferentes opciones para diseñar las redes de transporte. Asimismo, estudiaremos los equilibrios entre el costo de transporte, el costo del inventario y la capacidad de respuesta que deben considerarse al diseñar una cadena de suministro.

CAPÍTULO 13
TRANSPORTE EN UNA CADENA DE SUMINISTRO



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender el papel del transporte en la cadena de suministro.
2. Evaluar las fortalezas y debilidades de diferentes medios de transporte.
3. Analizar el papel de la infraestructura y las políticas en el transporte.
4. Identificar las fortalezas y debilidades relativas de varias opciones de diseño de las redes de transporte.
5. Identificar los equilibrios que los expedidores deben considerar al diseñar una red de transporte.

En este capítulo analizamos el papel del transporte en la cadena de suministro e identificamos los equilibrios que se deben considerar al tomar las decisiones sobre el transporte. Nuestro objetivo es habilitar a los gerentes para que tomen decisiones sobre la estrategia de transporte y su diseño, planeación y operación entendiendo todas las ventajas y desventajas importantes de sus decisiones.

13.1 PAPEL DEL TRANSPORTE EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El transporte se refiere al movimiento del producto de un lugar a otro en su recorrido desde el principio de la cadena de suministro hasta el cliente. El transporte es una directriz importante de la cadena, ya que los productos rara vez son producidos y consumidos en la misma ubicación. Es un componente significativo de los costos en que incurren la mayoría de las cadenas. De hecho, la actividad de transporte representó en 2002 más de 10% del PIB de Estados Unidos.[1] Sólo tres sectores, vivienda, salud y alimentos, tuvieron una participación mayor en el PIB. Los trabajos relacionados con el transporte emplearon cerca de 20 millones de personas en 2002, lo que equivalió a 16% del total del empleo de Estados Unidos.

El papel del transporte reviste mayor importancia en las cadenas de suministro globales. En la actualidad, Dell tiene proveedores en todo el mundo y vende a los clientes de todo el orbe con sólo unas pocas plantas. El transporte permite que los productos se muevan a lo largo de la cadena global de Dell. De igual manera, gracias al transporte global, Wal-Mart vende en Estados Unidos productos manufacturados en todo el mundo.

El comercio internacional constituye una gran parte de la actividad económica mundial. Según la Oficina de Estadísticas de Transporte (Bureau of Transportation Statistics) de Estados Unidos, el total de la mercancía internacional comercializada desde y hacia Estados Unidos se

[1] *Freight Shipments in America,* Bureau of Transportation Statistics, 2002.

incrementó a una tasa promedio anual de 9.3%, entre 1990 y 2001.[2] El crecimiento del comercio internacional de mercancías fue más de tres veces el crecimiento de la economía estadounidense durante el mismo periodo. Entre 1970 y 2001, el comercio internacional de mercancías creció más de 20 veces, mientras que la economía de Estados Unidos creció 10 veces durante el mismo periodo. Con el rápido crecimiento del comercio internacional han cobrado mayor importancia los buenos sistemas de transporte multimodal para mover la carga resultante.

El éxito de la cadena está estrechamente vinculado con el uso apropiado del transporte. IKEA, el detallista escandinavo de muebles para el hogar, ha construido una red global con cerca de 180 tiendas en 23 países, principalmente sobre la base de un transporte eficaz. Sus ventas durante el año que terminó en agosto de 2004 alcanzaron los 12,800 millones de euros. Su estrategia está construida alrededor de proporcionar productos de buena calidad a bajos precios. Su meta es reducir los precios de 2 a 3% cada año. Como resultado, IKEA trabaja arduamente a fin de encontrar el abastecimiento global más barato para cada uno de sus productos. El diseño modular de sus muebles le permite transportar sus bienes en todo el mundo de manera mucho más rentable que el fabricante tradicional de muebles. El gran tamaño de sus tiendas y de sus embarques le permite transportar a bajo costo los muebles hasta la tienda. Gracias al abastecimiento efectivo y al transporte barato, IKEA proporciona globalmente muebles de alta calidad para el hogar a bajo precio.

Seven-Eleven Japón es otra compañía que se ha valido del transporte para lograr sus metas estratégicas. La compañía tiene la meta de llevar los productos a sus tiendas para satisfacer las necesidades de los clientes según su ubicación geográfica o la hora del día. Para ayudar a lograr esta meta, Seven-Eleven Japón utiliza un sistema de transporte con gran capacidad de respuesta que reabastece sus tiendas varias veces al día, a fin de que los productos disponibles se ajusten a las necesidades de los clientes. Los productos de diferentes proveedores se cargan en un mismo camión, respetando la temperatura requerida, con el objeto de hacer varias entregas frecuentes a un costo razonable. Seven-Eleven Japón utiliza un sistema de transporte con capacidad de respuesta en combinación con la agregación para reducir los costos de transporte y recibo al tiempo que asegura que la disponibilidad del producto sea igual a la demanda del cliente.

Las cadenas de suministro también emplean transporte con capacidad de respuesta para centralizar los inventarios y operar con pocas instalaciones. Por ejemplo, Amazon.com se apoya en los transportistas de paquetería y en el sistema postal para entregar los pedidos de los clientes desde almacenes centralizados. Dell fabrica en pocas localidades en Estados Unidos y recurre a un sistema de transporte con gran capacidad de respuesta proporcionado por los transportistas de paquetería, a fin de entregar a los clientes productos personalizados a un precio razonable.

El *expedidor* es la parte que requiere que se mueva el producto entre dos puntos de la cadena de suministro. El *transportista* es la parte que mueve o transporta el producto. Por ejemplo, cuando Dell se vale de UPS para enviar sus computadoras de la fábrica al cliente, Dell es el expedidor y UPS el transportista. Existen otras dos partes que tienen un impacto significativo en el transporte. Por un lado están los propietarios y operadores de la infraestructura de transporte —como caminos, puertos, canales y aeropuertos— y, por el otro, los órganos que establecen la política de transporte en todo el mundo. Las acciones de los cuatro participantes influyen en la eficacia del transporte.

Para entender el transporte en una cadena de suministro es importante considerar la perspectiva de los cuatro participantes. El transportista toma decisiones de inversión respecto al equipo de transporte (locomotoras, camiones, aviones, etc.) y, en algunos casos, a la infraestructura (rieles o vías) y luego toma las decisiones de operación para tratar de maximizar el rendimiento de esos activos. Por el contrario, el expedidor utiliza el transporte para minimizar el costo total (transporte, inventario, información, abastecimiento e instalaciones) al mismo tiempo que proporciona un nivel apropiado de capacidad de respuesta al consumidor.

[2] *U.S. International Trade and Freight Transportation Trends,* Bureau of Transportation Statistics, 2003.

Podemos pensar en la red de transporte como un conjunto de nodos y vínculos. El transporte se origina y termina en los nodos y viaja por los vínculos. En la mayoría de los medios de transporte, la infraestructura, como los puertos, caminos, canales de navegación y aeropuertos, requiere tanto de nodos como de vínculos. La mayor parte de la infraestructura de transporte es de propiedad pública y se opera como un bien público en todo el mundo. Es muy importante que la infraestructura sea administrada de tal manera que haya dinero disponible para el mantenimiento y la inversión en el aumento de la capacidad tanto como sea necesario. La política de transporte establece las normas que rigen la cantidad de recursos nacionales que se destinarán a mejorar la infraestructura del transporte. Asimismo, se propone prevenir el abuso del poder monopólico, promover la competencia justa y equilibrar los intereses ambientales, energéticos y sociales en el transporte.

En las siguientes secciones analizamos los temas que son importantes desde la perspectiva de los transportistas, los propietarios y operadores de la infraestructura, los encargados de formular las políticas de transporte y los expedidores. En la sección que sigue estudiamos los diferentes medios de transporte, su costo y sus características de desempeño.

13.2 MEDIOS DE TRANSPORTE Y SUS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO

Las cadenas de suministro utilizan una combinación de los siguientes medios de transporte:

- Aire
- Transportistas de paquetería
- Camión
- Ferrocarril
- Agua
- Ductos
- Intermodal

En la tabla 13-1 se resume la actividad del transporte comercial de carga en Estados Unidos, por medio, en 2002.

Antes de analizar los diversos medios, es importante resaltar un par de tendencias importantes en la economía de Estados Unidos. Entre 1970 y 2002, el PIB real de Estados Unidos, medido en dólares del año 2000, creció 176%. Durante el mismo periodo, el transporte de carga, medido en toneladas-milla, creció sólo 73%. En 1970, se necesitaron 2.1 toneladas-milla de transporte de carga para producir 1 dólar del PIB. En 2002, se necesitó sólo 1.1 toneladas-milla para producir 1 dólar del PIB. Esta tendencia refleja la reducción de productos con la nueva tecnología y una mejor eficiencia del sistema de transporte de carga.

TABLA 13-1 Datos de transporte

Medio	*Valor de la carga (miles de millones de dólares)*	*Cambio porcentual desde 1993*	*Toneladas de carga (miles de millones)*	*Cambio porcentual desde 1993*	*Toneladas millas de carga (millones)*	*Cambio porcentual desde 1993*
Aire (incluye camión y avión)	777	96.7	10	45.9	15	63.2
Camión	6,660	42.2	9,197	26.4	1,449	55.5
Ferrocarril	388	39.2	1,895	19.9	1,254	29.9
Agua	867	39.9	2,345	10.2	733	−16.9
Ductos	285	−8.7	1,656	3.8	753	27.0
Multimodal	1,111	67.0	213	−7.5	226	36.7

Adaptado de *Freight Shipments in America*, Bureau of Transportation Statistics, 2002.

La eficacia de cualquier medio de transporte se ve afectada por las inversiones en equipo y las decisiones de operación del transportista, así como por la infraestructura disponible y las políticas de transporte. El principal objetivo del transportista es asegurar un buen uso de sus activos al tiempo que proporciona a los clientes un nivel de servicio aceptable. Sus decisiones se ven afectadas por el costo del equipo, el costo fijo de operación, el costo variable de operación, la capacidad de respuesta que el transportista pretende proporcionar a su segmento meta y los precios que el mercado pagará. Por ejemplo, FedEx diseñó una red de aviones de manera radial para transportar paquetes y ofrecer tiempos de entrega rápidos y confiables. Por el contrario, UPS utiliza una combinación de aviones, ferrocarril y camiones para proporcionar un transporte más barato con tiempo de entrega más largo. La diferencia entre las dos redes de transporte se refleja en los precios. FedEx cobra por el tamaño de los paquetes. UPS cobra tanto por el tamaño como por el destino de los paquetes. Desde la perspectiva de la cadena de suministro, una red de aviones radial es más apropiada cuando los precios son independientes del destino y cuando es importante la entrega rápida, mientras que una red de camiones resulta más conveniente cuando los precios varían según el destino y cuando se acepta un tiempo de entrega más lento.

AIRE

Las principales aerolíneas en Estados Unidos que transportan tanto pasajeros como carga son American, United y Delta, las cuales tienen un alto costo fijo en la infraestructura y el equipo. Los costos de combustible y mano de obra están relacionados con la distancia del viaje y son independientes del número de pasajeros o la cantidad de carga que se lleva a bordo. La meta de la aerolínea es maximizar el tiempo de vuelo diario del avión y los ingresos generados por viaje. Debido a los costos fijos muy altos y a los costos variables relativamente bajos, la administración de los ingresos (revenue management, véase el capítulo 15), en la cual las aerolíneas varían el precio de los asientos y asignan asientos a diferentes clases de precio, es un factor significativo en el éxito de las compañías de transporte aéreo de pasajeros. En la actualidad, las aerolíneas practican la administración de los ingresos para los pasajeros pero no tanto para la carga.

Los transportistas aéreos ofrecen un medio de transporte rápido y caro. Los artículos pequeños de alto valor o los embarques de emergencia, cuyo tiempo de entrega es muy importante, que tienen que viajar largas distancias son más apropiados para el transporte aéreo. Todas las aerolíneas por lo normal mueven carga por debajo de las 500 libras (226.80 Kg.), incluyendo productos de alta tecnología, de gran valor pero de peso ligero. Dado el avance en la alta tecnología, el peso de la carga transportada por aire ha disminuido en las últimas dos décadas, aun cuando el valor de la carga se ha incrementado. En 2002, en Estados Unidos, los bienes transportados por aire se valoraron en 75,000 dólares por tonelada, por mucho el costo más alto entre todos los medios.

El valor del comercio internacional transportado por aire desde y hacia Estados Unidos creció de manera significativa, de 10 mil millones de dólares en 1970 a 519 mil millones en 2001, a una tasa anual promedio de 14%.[3] Entre 1980 y 2001, los ingresos por operación de transporte para la carga internacional estadounidense se incrementaron de 1 mil millones a más de 6 mil millones de dólares. Sin embargo, desde 2001, el reto de la seguridad de la carga y el creciente costo del combustible han tenido un impacto considerable en el desempeño financiero de los transportistas aéreos. El impacto se exacerbó por la capacidad agregada de la industria proveniente de la adquisición de nuevos aviones.

Los temas fundamentales a los que los transportistas aéreos se enfrentan son la identificación de la ubicación y el número de centros de operación, la asignación de aviones a las rutas, el establecimiento de programas de mantenimiento para los aviones, la programación de las tripulaciones y la administración de los precios así como la disponibilidad a diferentes precios.

TRANSPORTISTAS DE PAQUETERÍA

Los transportistas de paquetería son compañías como FedEx, UPS y U.S. Postal Service (Servicio postal estadounidense), que transportan paquetes pequeños que van desde cartas hasta embarques que pesan cerca de 150 libras (aproximadamente 68 kg). Transportan por aire, camión y ferrocarril pequeños paquetes con una alta sensibilidad al tiempo. El transporte por este medio es

[3] *U.S. International Trade and Freight Transportation Trends,* Bureau of Transportation Statistics, 2003.

caro y no puede competir en precio con transportistas de carga consolidada (LTL, Less-Than-Truckload) para grandes embarques. El principal servicio que ofrecen a los expedidores es una entrega rápida y confiable, por lo que éstos recurren a transportistas de paquetería para embarques pequeños y sensibles al tiempo. Asimismo, los transportistas de paquetería proporcionan otros servicios con valor agregado que permiten a los expedidores acelerar el flujo de inventario y dar seguimiento al estatus de los pedidos. Con esto, los expedidores pueden informar de manera proactiva a los clientes acerca de sus paquetes. Los transportistas de paquetería también recogen el paquete desde el centro de abastecimiento y lo entregan a su sitio de destino. Con el incremento en las entregas justo a tiempo (JIT, Just-In-Time) y el enfoque en la reducción de inventarios, la demanda de transportistas de paquetería se ha incrementado.

Los transportistas de paquetería son el medio preferido de transporte del comercio electrónico, como Amazon.com y Dell, y de compañías como W.W. Grainger y McMaster-Carr, que envían pequeños paquetes a sus clientes. Con el crecimiento del comercio electrónico, el uso de transportistas de paquetería ha aumentado de manera considerable en los últimos años. Este tipo de transportistas buscan embarques más pequeños y sensibles al tiempo que los de carga aérea, especialmente donde el seguimiento y otros servicios de valor agregado son importantes para el expedidor. FedEx utiliza camiones para recoger los paquetes en su origen y entregarlos en su destino final. Los transportistas de carga aérea no proporcionan este servicio combinado. Las compañías de transporte aéreo se encargan de los grandes cargamentos mientras que los transportistas de paquetería se ocupan de los embarques más pequeños, cuyo tiempo de entrega es muy importante. Por ejemplo, Dell utiliza el transporte aéreo para traer los componentes desde Asia, pero recurre a los transportistas de paquetería para entregar las computadoras personales a los clientes.

Dado el tamaño pequeño de los paquetes y los diversos puntos de entrega, la consolidación de los embarques es un factor clave para incrementar la utilización y reducir los costos de los transportistas de paquetería. Éstos tienen camiones para llevar a cabo las entregas locales y recoger los paquetes. Los paquetes se llevan a grandes centros de clasificación desde donde se envían en camiones completos, ferrocarril o avión a los centros de clasificación más cercanos al punto de entrega. Desde ahí, los paquetes se envían a los clientes en camiones pequeños que realizan recorridos rutinarios (*milk runs*) (analizados más adelante en el capítulo). Entre los temas fundamentales de esta industria están la ubicación y la capacidad de los puntos de transferencia, además de la capacidad de información para facilitar y dar seguimiento al flujo de paquetes. En la entrega final al cliente, programar y trazar la ruta de los camiones de entrega constituye una consideración importante.

CAMIÓN

En 2002, los camiones transportaron 64% de la carga comercial de Estados Unidos por valor y 58% por peso.[4] La industria camionera consiste en dos grandes segmentos: carga completa y carga consolidada (TL, Truck-Load, y LTL, Less-Than-Truckload). El transporte de carga en camión es más caro que el envío por ferrocarril pero ofrece la ventaja de una entrega a domicilio y en un tiempo más corto. También tiene la ventaja de que no se requiere transferencia alguna entre el punto de origen y destino. Dentro de los mayores transportistas TL de Estados Unidos están Schneider National, JB Hunt, Ryder Integrated, Werner y Swift Transportation.

Las operaciones de TL tienen costos fijos relativamente bajos y, con frecuencia, basta tener unos cuantos camiones para entrar en el negocio. Como resultado, existen muchos transportistas TL en la industria. En 1996, Schneider National, el transportista más grande de TL, tenía sólo 17% de la participación de mercado, entre las 40 compañías más grandes de Estados Unidos. La meta de un transportista TL es programar los embarques para satisfacer las necesidades de servicio y minimizar, al mismo tiempo, el tiempo que los camiones pasan inactivos o viajan vacíos.

El precio de TL muestra economías de escala respecto a la distancia recorrida. Los remolques tienen distintos tamaños y, por ende, el precio muestra economías de escala relacionadas con el tamaño del remolque utilizado. El embarque TL es más adecuado para el transporte entre las instalaciones de fabricación y los almacenes o entre los proveedores y los fabricantes. Por ejemplo, Procter & Gamble ofrece embarques TL a los almacenes del cliente.

---

[4] *Freight Shipments in America,* Bureau of Transportation Statistics, 2002.

Las operaciones de LTL tienen un precio que alienta los embarques en lotes pequeños, por lo regular de menos de un TL, puesto que TL tiende a ser más barato para grandes embarques. Los precios muestran algunas economías de escala con la cantidad enviada así como con la distancia recorrida. Este tipo de embarques tarda más que los embarques TL, puesto que es necesario recoger y entregar otras cargas. El embarque LTL está mejor adaptado a embarques que son demasiado grandes como para ser enviados por correo en pequeños paquetes pero que no llegan a cubrir la mitad de un TL.

Una clave para reducir los costos radica en el grado de consolidación que los transportistas puedan lograr de las cargas a trasladar. Los transportistas LTL emplean centros de consolidación a donde los camiones llevan muchas cargas pequeñas procedentes de un área geográfica y salen con muchas cargas pequeñas destinadas a la misma área geográfica. Esto permite a los transportistas LTL mejorar el uso del camión, aunque se incrementa el tiempo de entrega. Las grandes compañías disfrutan de una ventaja en la industria de LTL, dada la importancia de la consolidación y el costo fijo de construir centros de consolidación. Han surgido compañías regionales fuertes en la industria de LTL debido a la ventaja que representa la alta densidad de los puntos de recolección y entrega en un área geográfica.

Entre los temas fundamentales para la industria de LTL figuran la ubicación de los centros de consolidación, la asignación de las cargas a los camiones así como la programación y el trazo de las rutas de recolección y entrega. La meta es minimizar los costos a través de la consolidación sin afectar el tiempo de entrega y la confiabilidad.

FERROCARRIL

En 2002, los ferrocarriles transportaron cerca de 4% de los embarques en Estados Unidos por valor, 12% por peso y más de 25% del total de toneladas-milla. Estas cifras reflejan el uso del ferrocarril para mover las materias primas (commodities) a través de grandes distancias. Los transportistas ferroviarios incurren en un costo fijo alto relacionado con las vías, las locomotoras, los vagones y los patios de maniobras. Asimismo, existe un costo significativo de mano de obra y combustible relacionado con cada viaje, que es independiente del número de vagones (aunque los costos de combustible varían un poco dependiendo del número de vagones), pero varía con la distancia recorrida y el tiempo realizado. Cualquier tiempo muerto, una vez que el tren está en marcha, es muy costoso ya que se incurre en costos laborales y de combustible, aunque el tren no esté en movimiento. Los tiempos muertos ocurren cuando los trenes intercambian vagones de distintos destinos. También se suscitan cuando las vías están congestionadas. Los costos de mano de obra y combustible suman 60% del gasto del ferrocarril. Por lo tanto, desde la perspectiva operacional, es importante que los ferrocarriles mantengan las locomotoras y la tripulación en activo.

La estructura de precios y la gran capacidad de carga hacen del ferrocarril un medio ideal para transportar productos grandes, pesados o de alta densidad a lo largo de grandes distancias. Sin embargo, el tiempo de transporte puede ser demasiado. Por lo tanto, el ferrocarril es ideal para embarques muy pesados, de bajo valor y cuyo tiempo de entrega no sea de especial importancia. El carbón, por ejemplo, corresponde a la mayor parte de los embarques por ferrocarril. Rara vez se utiliza el ferrocarril para los embarques pequeños, aquellos cuyo tiempo de entrega reviste importancia y para distancias cortas o tiempos de espera cortos.

La meta principal de las compañías ferrocarrileras es mantener las máquinas y las tripulaciones en movimiento. Los grandes temas operacionales de los ferrocarriles son la programación de las máquinas y del personal, los retrasos en las vías y las terminales y el desempeño deficiente en la puntualidad. El desempeño del ferrocarril se ve afectado por la gran cantidad de tiempo que se utiliza en cada transición. El tiempo de recorrido por lo regular es una pequeña fracción del tiempo total que tarda un embarque por ferrocarril. Los retrasos se exageran debido a que la máquina se pone en movimiento una vez que hay suficientes vagones para conformar el tren, lo que agrega incertidumbre al tiempo de entrega para un expedidor. El ferrocarril puede mejorar su desempeño de puntualidad al programar algunos de los trenes en lugar de ir conformándolos. En tal esquema, resulta necesario instituir una estrategia de precios más elaborada que incluya la administración de los ingresos (véase el capítulo 15).

AGUA

Entre las principales compañías navieras están Maersk Sealand, Evergreen Group, American President Lines y Hanjin Shipping Co. El transporte por agua, por su naturaleza, está limitado a ciertas áreas. Dentro de Estados Unidos, el transporte por agua tiene lugar vía el sistema de canales internos de navegación (los Grandes Lagos y los ríos) o las aguas costeras. El transporte por agua es adecuado para transportar cargas muy grandes a bajo costo. Dentro de Estados Unidos, el transporte por agua se utiliza sobre todo para mover embarques muy grandes de materias primas y es el medio más barato para ello. Sin embargo, es el más lento de todos los medios, y suelen presentarse retrasos importantes en los puertos y en las terminales. Esto hace que la operación del transporte por agua sea muy difícil para recorridos de corto alcance, aunque se emplea de manera eficaz en Japón y en ciertas partes de Europa para recorridos de pocas millas.

Dentro de Estados Unidos, la promulgación de la Ley de Reforma del Transporte Marítimo (Ocean Shipping Reform Act) de 1998 ha sido un suceso significativo para el transporte por agua. Esta ley permite a los expedidores y transportistas celebrar contratos confidenciales, lo que desregula en efecto la industria. La ley es similar a la desregulación que ocurrió en las industrias camionera y aérea hace dos décadas, lo que muy probablemente tendrá un impacto similar en la industria del transporte marítimo.

En el comercio global, el transporte por agua es el medio predominante para el embarque de toda clase de productos (automóviles, granos, ropa y otros productos son transportados por mar). En 2001, el comercio de mercancía transportada entre Estados Unidos y puertos extranjeros se valuó en más de 718,000 millones de dólares. En 2002, el transporte marítimo representó el 78% de la mercancía internacional estadounidense transportada con base en su peso. Para las cantidades enviadas y las distancias involucradas en el comercio internacional, el transporte por agua es por mucho el medio de transporte más barato. Una tendencia significativa en el comercio marítimo mundial ha sido el crecimiento de los contenedores. Esto ha producido una demanda de embarcaciones más grandes, más rápidas y más especializadas para mejorar las economías del transporte por contenedor. Los retrasos en los puertos, aduanas, seguridad y la administración de los contenedores utilizados son los temas más importantes de los embarques globales. El congestionamiento de los puertos en particular ha sido un gran problema en Estados Unidos.

DUCTOS

Los ductos se emplean principalmente para el transporte de petróleo crudo, productos refinados de petróleo y gas natural. En 2002, en Estados Unidos, este medio de transporte equivalió a cerca de 17% del total de toneladas-milla. Se incurre en un costo fijo inicial significativo al construir el ducto y la infraestructura relacionada, que no varía significativamente con el diámetro del ducto. Las operaciones se optimizan en general a un 80-90% de la capacidad de la misma. Dada la naturaleza de los costos, los ductos se adecuan mejor a los casos en que se requieren flujos grandes y estables. Un ducto puede ser una forma eficaz de llevar petróleo crudo a un puerto o refinería. Enviar gasolina a una estación de servicio no justifica una inversión de este tipo por lo que esta actividad se realiza por medio de camiones. El precio del ducto consta por lo regular de dos componentes: uno fijo relacionado con la utilización pico del expedidor y uno relacionado con la cantidad real transportada. Esta estructura de precios alienta al expedidor a utilizar el ducto para el componente predecible de la demanda y recurrir a otros medios de transporte para cubrir las fluctuaciones.

INTERMODAL

El transporte *intermodal* es el empleo de más de un medio para llevar un embarque hasta su destino. Diversas combinaciones intermodales son posibles, siendo la más común la de camión y ferrocarril. CSX Intermodal, Pacer Stacktrain y Triple Crown son los principales proveedores intermodales con ferrocarril. El tráfico intermodal ha crecido de manera considerable tanto con el incremento en el uso de contenedores para los embarques como del comercio global. Los contenedores son fáciles de transferir de un medio a otro y su empleo facilita el transporte intermodal. El transporte de carga en contenedores con frecuencia utiliza la combinación de camión, barco y ferrocarril, particularmente para el transporte global. En el comercio

mundial, el transporte intermodal suele ser la única opción, debido a que las fábricas y los mercados pueden no estar cerca de los puertos. Conforme la cantidad embarcada en contenedores ha crecido, la combinación intermodal de camión, barco y ferrocarril también ha aumentado. En 1996, la actividad intermodal representó 16% de los ingresos de los ferrocarriles.[5] En tierra, el sistema intermodal de ferrocarril y camión ofrece el beneficio de costos más bajos que el TL, con mejores tiempos de entrega que los del ferrocarril; por lo que conjunta diferentes medios de transporte para crear una oferta de precio y servicio que no puede ser igualada por ningún medio por sí sólo. También crea la conveniencia para los expedidores de tratar con una sola entidad que representa a todos los transportistas que, en conjunto, proporcionan el servicio intermodal.

Los temas clave en la industria intermodal se refieren al intercambio de información para facilitar las transferencias entre los diferentes medios, ya que es común que dichas transferencias impliquen retrasos considerables, lo que afecta el desempeño del tiempo de entrega.

13.3 INFRAESTRUCTURA Y POLÍTICAS DE TRANSPORTE

Los caminos, puertos marítimos, aeropuertos, vías férreas y canales de navegación son algunos de los principales elementos de infraestructura que existen a lo largo de los nodos y vínculos de una red de transporte. En casi todos los países, el gobierno ha asumido toda la responsabilidad o ha desempeñado un papel significativo en la construcción y administración de estos elementos de infraestructura. Incluso en Estados Unidos, donde gran parte de la infraestructura ferroviaria se construyó con capital privado por concesión pública, el costo se subsidió a través del otorgamiento de tierras por parte del gobierno. La infraestructura mejorada ha tenido un papel significativo en el desarrollo del transporte y el crecimiento resultante del comercio. El papel de los ferrocarriles y canales navegables en el desarrollo de la economía de Estados Unidos está bien documentado. En fechas recientes, el impacto de la infraestructura mejorada de carreteras, aeropuertos y puertos marítimos y fluviales en el desarrollo de China es muy notorio.

Antes de considerar las cuestiones sobre política relacionadas con la infraestructura de transporte, vale la pena echar una mirada a la historia de la infraestructura ferroviaria y de caminos de Estados Unidos para ver algunos de los temas importantes. Resumimos parte del análisis de Ellison (2002) sobre la historia de los ferrocarriles y la regulación en la industria. La construcción de vías férreas se llevó a cabo rápidamente durante la década de 1850. Los ferrocarriles eran privados, pero se construyeron con un subsidio significativo del gobierno, con frecuencia en la forma de otorgamiento de tierras. Para la década de 1870, la red ferroviaria conectaba la mayoría de los estados. Cada ferrocarril era el proveedor exclusivo del transporte en sus vías. Este monopolio permitió a los ferrocarriles determinar el precio que cobraban como también el nivel de servicio que brindaban a sus clientes. La construcción inicial de nuevas vías férreas dio origen a cierta competencia en los precios, por lo que las compañías respondieron con acuerdos entre ellas que terminaron de manera eficaz con la competencia, lo que incrementó las tarifas. Las protestas de los agricultores y otros usuarios de los ferrocarriles llevaron al establecimiento de la Comisión de Comercio Interestatal (ICC, Interstate Commerce Commission), la cual prohibió la política discriminatoria de precios, y requirió a las compañías ferroviarias que registraran sus tarifas ante la ICC y las hicieran públicas. Las compañías ferrocarrileras respondieron con la formación de carteles que restringían la oferta. Esta situación llevó, en 1890, a la promulgación de la Ley Antimonopolios Sherman (Sherman Antitrust Act). En 1940, en respuesta a las dificultades financieras de los ferrocarriles, el gobierno les permitió cierta coordinación y las exentó de las regulaciones antimonopolios. Con el crecimiento de otros medios de transporte y la necesidad de revitalizar sus activos, los ferrocarriles se encontraban en mala situación financiera a principios de la década de 1970. La Ley Ferroviaria Staggers (Staggers Rail Act) de 1980 desreguló los ferrocarriles, permitiéndoles ciertas facultades para fijar sus tarifas, facilitó la entrada y la salida y también les retiró la inmunidad antimonopolios. La desregulación en Estados Unidos fue seguida de una oleada de reorganización y fusiones dentro de la industria. En suma, la desregulación ha dado como resultado un mejoramiento en el

[5] *Distribution,* julio 1997.

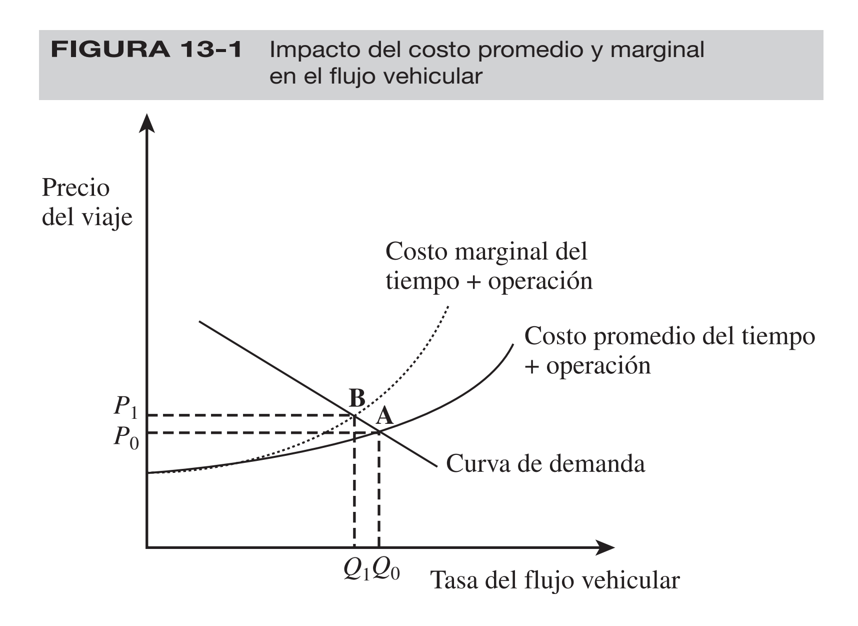
desempeño de las finanzas de la industria ferrocarrilera y ha incrementado el uso de este medio de transporte por parte de los expedidores.

Levinson (1998) ofrece un excelente análisis de la historia de la construcción de caminos y la fijación de precios. A finales del siglo XVIII, se construyeron caminos de peaje en Virginia, Maryland y Pennsylvania utilizando fondos públicos, pero luego se entregaron a compañías privadas que cobraban las cuotas. Con el tiempo se construyeron otros caminos de peaje como resultado de la competencia entre los pueblos para ganar el comercio. Aparte del otorgamiento de terrenos federales, estos caminos se construyeron con el esfuerzo y el dinero locales. Las cuotas en estos caminos se estructuraron por lo general para mantener gratis el transporte local y hacer que la gente que viajaba por el área pagara por este derecho. Con el crecimiento de los ferrocarriles y canales, los caminos de peaje sufrieron financieramente a mediados del siglo XIX, por lo que terminaron convirtiéndose en caminos públicos. En el siglo XX, conforme cambiaban los medios de transporte, surgió la necesidad de caminos de alta calidad. Se construyó una red nacional de autopistas libres de cuota, principalmente con fondos provenientes de los impuestos a la gasolina. Al mismo tiempo, se construyeron otras instalaciones de cuota como túneles y puentes. En otros países, como Francia y España, se otorgaron concesiones a compañías privadas que recibían ingresos por cuotas. Recientemente se han construido caminos de peaje con financiamiento privado en Malasia, Indonesia y Tailandia.

Considerando los ejemplos anteriores, resulta razonable que el gobierno tenga que ser el propietario o regular un activo de infraestructura de transporte monopólica. Cuando este activo tiene competencia, ya sea dentro de un medio o en todos los medios, la propiedad privada, la desregulación y la competencia parecen funcionar bien. La desregulación de esta industria en Estados Unidos es un ejemplo de lo anterior. Sin embargo, hay que recordar que la mayoría de las carreteras, puertos y aeropuertos son públicos, no privados. Esto se debe a la naturaleza monopólica inherente de estos activos de infraestructura de transporte. En estas circunstancias, se justifica la propiedad pública de estos activos. Esto plantea la cuestión política de financiar la construcción y mantenimiento de los activos de transporte de propiedad pública. ¿Las carreteras deben financiarse con los impuestos a la gasolina o de alguna otra forma de financiamiento como las cuotas?

Economistas como Vickrey han defendido la propiedad pública de estos activos, pero con el establecimiento de precios de cuasi-mercado para mejorar la eficiencia. Los precios de cuasi-mercado necesitan tomar en consideración la discrepancia entre los incentivos de un individuo que utiliza la infraestructura del transporte y el público como un todo que es propietario de la infraestructura. Esta discrepancia se ilustra en la figura 13-1, en el contexto del tránsito vehicular.

FIGURA 13-1 Impacto del costo promedio y marginal en el flujo vehicular



El conductor de un vehículo basa su decisión de utilizar una autopista en el costo y el beneficio que le representan. La figura 13-1 supone que cada persona valora de diferente manera hacer el viaje y este valor está distribuido uniformemente a lo largo del intervalo. El número de usuarios para los cuales el valor de un viaje excede un costo en particular se define mediante la curva de demanda. Los costos en los que incurre un conductor incluyen el costo del tiempo que pasa en la autopista y el costo de operar y mantener el vehículo. Es bien sabido que el tiempo se incrementa de manera no lineal con el congestionamiento de la autopista. Por lo tanto, el costo promedio de cada conductor se incrementa con el flujo del tránsito, como se muestra en la figura 13-1. Dado el valor que el viaje tiene para la gente, el número de conductores que utilizan la carretera se determina por la intersección de la curva de demanda con la curva del costo promedio en el punto A. El resultado es un costo promedio para los conductores de P_0 y un flujo de tránsito de Q_0. Sin embargo, desde la perspectiva del público, es más apropiado considerar cómo cada conductor adicional impacta en el costo total. Observemos que un conductor adicional incrementa el costo promedio en una cantidad pequeña pero eleva el costo total de todos los conductores en una cantidad mucho mayor. Esto se representa en la figura 13-1 mediante la curva del costo marginal, la cual mide el incremento marginal en el costo total como resultado del flujo de tránsito adicional. Observemos, además, que la curva del costo marginal es más alta que la curva del costo promedio. En otras palabras, el impacto marginal de un conductor en el costo total es mucho más alto que su parte del impacto. Desde la perspectiva del costo marginal, los conductores deben pagar una cuota de $P_1 - P_0$, de manera que el costo que paguen sea el costo verdadero que están imponiendo al sistema de autopistas. Esta cuota disminuye la tasa del flujo vehicular a Q_1. En otras palabras, la ausencia de una cuota de congestionamiento da como resultado una sobreutilización de la infraestructura de transporte y un costo de congestionamiento resultante en todos los usuarios. El problema se ilustra muy bien con un ejemplo simple que da Vickrey (véase Button y Verhoef, 1998). Al salir a cenar en grupo, es probable que cada miembro ordene un platillo costoso si el plan es dividirse la cuenta por partes iguales en lugar de que cada persona pague su consumo. Por lo tanto, es justo decir que la cuenta en su conjunto es más alta si cada persona la comparte de igual manera que si cada persona paga su consumo. Lo mismo aplica a la infraestructura de transporte si el precio no se vincula al congestionamiento.

Los precios de cuasi-mercado para la infraestructura de transporte resultan ser más altos en los puntos y horas pico y más bajos en otras circunstancias. No es común observar tal estructura de precios en la infraestructura de transporte, excepto en las carreteras de Singapur y en algunas ciudades europeas. El congestionamiento es el factor principal en varios puertos y aeropuertos. Por ejemplo, el puerto de Los Ángeles en Long Beach, experimentó congestionamiento considerable en 2004. Varios factores lo afectaron, incluyendo los problemas de capacidad de los trenes que se llevaban los contenedores, el desabasto de mano de obra y algunos problemas tecnológicos. Sin embargo, el congestionamiento también se vio afectado por el deseo de muchos expedidores de traer embarques cada semana desde Asia, durante el fin de semana, con el objeto de asegurar el suministro durante toda la semana. Esto creó un tiempo pico con mucho congestionamiento. La carga pico de trabajo también se ha exagerado a medida que los barcos que transportan los contenedores se hacen más grandes. En tal situación el uso de cuotas pico para nivelar los arribos puede ser una política eficaz. En resumen, es importante tener presente que la infraestructura de transporte enfrenta problemas relacionados con los congestionamientos, a menos que los usuarios se vean obligados a internalizar el impacto marginal de sus acciones en la sociedad. Pudiera ser más efectivo cobrar una cuota de congestionamiento y utilizar el dinero generado para mejorar la eficacia de la infraestructura de transporte.

PUNTO CLAVE La infraestructura de transporte con frecuencia requiere la propiedad o regulación por parte del gobierno debido a su naturaleza monopólica inherente. En la ausencia de un monopolio, la desregulación y las fuerzas del mercado son un mecanismo efectivo. Cuando la infraestructura es propiedad pública, es importante fijar un precio de utilización a fin de reflejar el impacto marginal en el costo que representa para la sociedad. Si esto no se lleva a cabo, se obtendrá como resultado la sobreutilización y el consecuente congestionamiento debido a que el costo pagado por el usuario es menor que su impacto marginal en el costo total.

13.4 OPCIONES DE DISEÑO PARA UNA RED DE TRANSPORTE

El diseño de una red de transporte afecta el desempeño de la cadena de suministro porque establece la infraestructura dentro de la cual se toman las decisiones operacionales de transporte respecto al horario y las rutas. Una red bien diseñada permite a la cadena alcanzar el grado deseado de capacidad de respuesta a bajo costo. Analizamos diversas opciones de diseño de las redes de transporte y las fortalezas y debilidades de cada opción en el contexto de un comprador con múltiples ubicaciones que se abastecen de varios proveedores. Estas opciones pueden implementarse entre dos etapas cualesquiera de la cadena.

RED DE EMBARQUE DIRECTO

Con la opción del embarque directo, el comprador estructura su red de transporte de manera que todos los embarques provenientes de cada proveedor lleguen directamente a cada ubicación del comprador, como se ilustra en la figura 13-2. Asimismo, se especifica la ruta de cada embarque, por lo que el gerente de la cadena sólo necesita decidir la cantidad a embarcar y el medio de transporte a utilizar. Esta decisión implica un equilibrio entre los costos de transporte y de inventario, como lo analizaremos más adelante.

La mayor ventaja de la red de transporte de embarque directo es la eliminación de los almacenes intermedios y la simplicidad de su operación y coordinación. La decisión sobre el embarque es totalmente local y la decisión tomada para un embarque no afecta a los demás. El tiempo de transporte de un proveedor a la ubicación del comprador es corto, ya que cada embarque llega de manera directa.

Una red de este tipo se justifica si en la ubicación del comprador la demanda es suficientemente grande para que los tamaños del lote de resurtido óptimos sean cercanos a un TL desde cada proveedor a cada ubicación. Sin embargo, con ubicaciones de pequeños compradores, el embarque directo tiende a tener costos altos. Si se emplea un transportista TL, el costo fijo de cada camión da como resultado el movimiento de grandes lotes desde el proveedor a cada ubicación del comprador, lo que a su vez da como resultado altos inventarios en la cadena. Por otro lado, si se emplea un transportista LTL, se incrementan el costo de transporte y el tiempo de entrega, aunque disminuyen los inventarios. Si se emplean transportistas de paquetería, los costos son demasiado altos. Con las entregas directas desde cada proveedor, los costos de recepción son altos debido a que cada proveedor debe realizar una entrega por separado.

FIGURA 13-2 Red de embarque directo

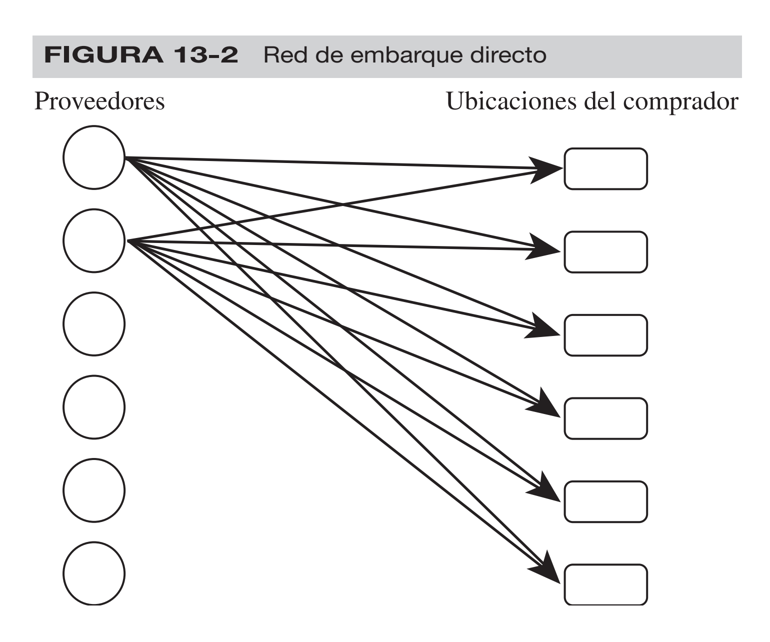
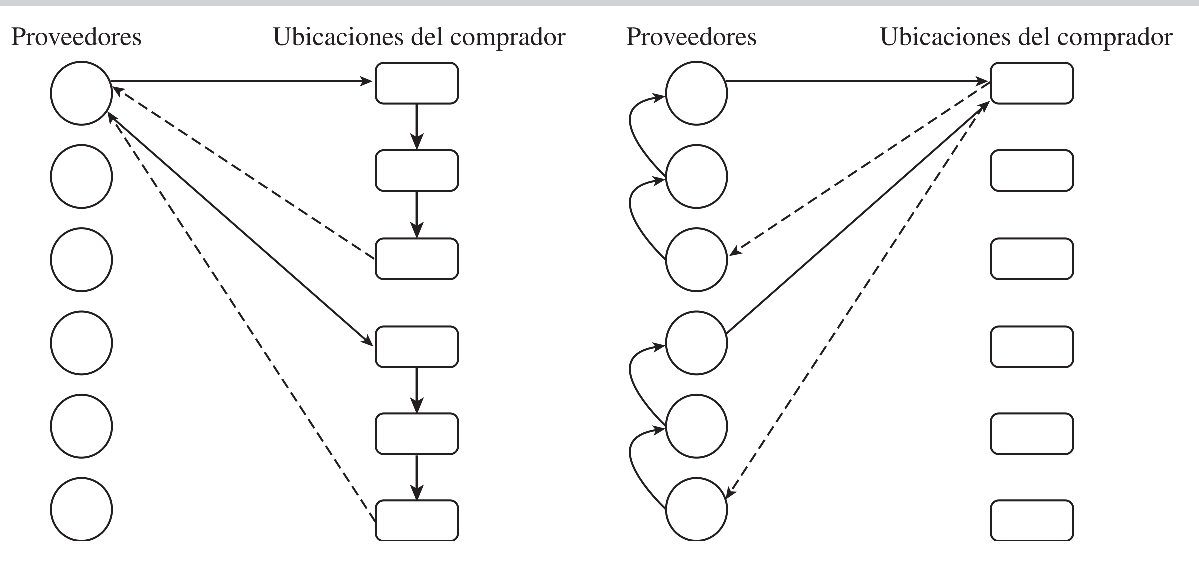


FIGURA 13-3 Recorridos rutinarios desde múltiples proveedores o a múltiples ubicaciones del comprador



EMBARQUE DIRECTO CON RECORRIDOS RUTINARIOS

Un recorrido rutinario (*milk run*) es una ruta en la que un camión entrega el producto de un solo proveedor a múltiples detallistas o va de múltiples proveedores a una sola ubicación del comprador, como se muestra en la figura 13-3. En el embarque directo con recorridos rutinarios, el proveedor entrega directamente a múltiples ubicaciones del comprador con un camión o un camión recoge las entregas de muchos proveedores destinadas a la misma ubicación del comprador. Al utilizar esta opción, el gerente de la cadena tiene que decidir sobre la ruta de cada recorrido rutinario.

El embarque directo proporciona el beneficio de eliminar los almacenes intermediarios, mientras que los recorridos rutinarios reducen el costo de transporte al consolidar los embarques a múltiples ubicaciones en un solo camión. Por ejemplo, el tamaño del lote de resurtido para cada ubicación del comprador puede ser pequeño y requerir de un embarque LTL, si se envía de manera directa. El uso de los recorridos rutinarios permite consolidar entregas a múltiples ubicaciones en un solo camión, lo que da por resultado una mejor utilización del mismo y cierta reducción en los costos. Las compañías como Frito-Lay que llevan a cabo entregas directas a las tiendas utilizan los recorridos rutinarios para desminuir su costo de transporte. El uso de los recorridos rutinarios reduce de manera significativa los costos de transporte, si frecuentemente se requiere realizar entregas pequeñas y si un conjunto de proveedores o de detallistas están en cercanía geográfica. Por ejemplo, Toyota utiliza los recorridos rutinarios de los proveedores para apoyar su sistema de manufactura JIT, tanto en Japón como en Estados Unidos. En Japón, Toyota tiene muchas plantas de ensamblaje cercanas entre sí, por lo que lleva a cabo los recorridos rutinarios de un solo proveedor a muchas plantas. Sin embargo, en Estados Unidos, Toyota los utiliza de muchos proveedores a cada planta de ensamblaje.

TODOS LOS EMBARQUES VÍA UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN (CD) CENTRAL

En esta opción, los proveedores no envían los embarques directamente a las ubicaciones del comprador. El comprador divide las ubicaciones por regiones geográficas y se construye un CD para cada una. Los proveedores envían sus embarques al CD y éste los reenvía como corresponde a cada ubicación del comprador, como se muestra en la figura 13-4.

El CD es una etapa extra entre los proveedores y las ubicaciones del comprador, que desempeña dos papeles diferentes. Uno es almacenar inventario y el otro es servir como ubicación de transferencia. En cualquier caso, la presencia de los CD puede ayudar a reducir los costos de

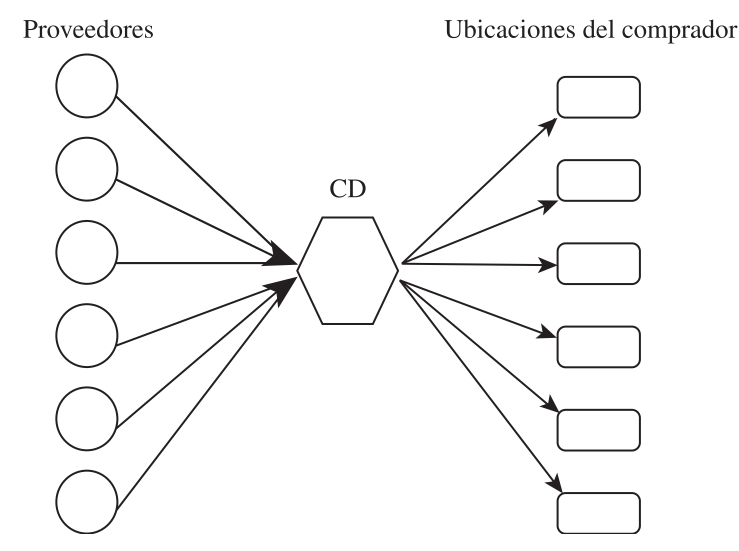


FIGURA 13-4 Todos los embarques vía CD

la cadena cuando los proveedores están lejos del comprador y los costos de transporte son altos. La presencia de un CD permite a la cadena lograr economías de escala para el transporte entrante hasta un punto cercano al destino final, debido a que cada proveedor envía al CD un embarque grande que contiene producto para todas las ubicaciones que el CD atiende. Debido a que los CD atienden ubicaciones situadas en las cercanías, el costo del transporte saliente no es muy alto. Por ejemplo, W.W. Grainger pide a sus proveedores que le envíen producto a uno de los nueve CD, que a su vez abastecen a casi 400 sucursales.

Si las economías de transporte requieren grandes embarques del lado entrante, los CD mantienen inventario y envían productos a las ubicaciones del comprador en lotes pequeños de resurtido. Por ejemplo, cuando Wal-Mart se abastece de un proveedor extranjero, el producto se mantiene en inventario en el CD, ya que el tamaño del lote del lado entrante es mucho más grande que la suma de los tamaños de lote de las tiendas atendidas por el CD. Si los lotes de resurtido para las ubicaciones del comprador atendidas por un CD son suficientemente grandes para lograr economías de escala en el transporte entrante, el CD no necesita mantener inventario. En este caso el CD puede realizar un cruce de andén (cross-docking) del producto que llega de muchos proveedores en camiones entrantes y repartir cada embarque entrante en embarques pequeños que son luego cargados en los camiones que van a cada ubicación del comprador. Cuando un CD realiza un cruce de andén del producto, cada camión entrante contiene producto de un proveedor para varias ubicaciones del comprador, mientras que los camiones salientes contienen producto de varios proveedores para una ubicación del comprador. Un gran beneficio del cruce de andén es que se necesita mantener muy poco inventario y el producto fluye más rápido en la cadena. El cruce de andén también ahorra costos de manejo ya que el producto no tiene que entrar ni salir del almacén. Sin embargo, para que el cruce de andén sea exitoso, se requiere un grado significativo de coordinación y sincronización entre los embarques entrantes y salientes.

El cruce de andén es apropiado para productos con demandas grandes y predecibles y requiere que los CD se construyan de tal manera que logren economías de escala en el transporte, tanto en el lado entrante como saliente. Wal-Mart lo ha utilizado de manera exitosa para disminuir los inventarios de la cadena sin incurrir en costos de transporte excesivos. Wal-Mart construye muchas tiendas grandes en un área geográfica apoyada por un CD. Como resultado, el tamaño total del lote de cada proveedor para todas las tiendas es tal que llena los camiones del lado entrante para lograr economías de escala. Del lado saliente, la suma de los tamaños de lote de todos lo proveedores a cada tienda llena los camiones para lograr economías de escala.

EMBARQUE VÍA CD UTILIZANDO RECORRIDOS RUTINARIOS

Como se muestra en la figura 13-5, los recorridos rutinarios pueden utilizarse desde un CD, si los tamaños de lote que se entregarán en cada ubicación del comprador son pequeños. También reducen los costos del transporte saliente al consolidar embarques pequeños. Por ejemplo, Seven-Eleven Japón realiza entregas con cruce de andén de sus proveedores de alimentos frescos en sus CD y luego hace recorridos rutinarios de salida hacia sus tiendas detallistas, ya que el embarque total de los proveedores a una tienda no llena un camión. El uso del cruce de andén y los recorridos rutinarios permite a Seven-Eleven Japón disminuir su costo de transporte al tiempo que envía pequeños lotes de resurtido a cada tienda. El uso del cruce de andén con recorridos rutinarios requiere un grado significativo de coordinación y rutas y programas adecuados para los recorridos rutinarios.

Peapod, la tienda de comestibles en línea, utiliza los recorridos rutinarios desde los CD para realizar entregas a sus clientes y reducir así los costos de transporte de los embarques pequeños que se entregan a domicilio. OshKosh B'Gosh, un fabricante de ropa para niños, ha utilizado esta idea para eliminar prácticamente todos los embarques LTL de su CD en Tennessee a las tiendas detallistas.

RED A LA MEDIDA

La opción de la red a la medida es una combinación apropiada de las opciones anteriores que reduce el costo y mejora la capacidad de respuesta de la cadena de suministro. Aquí, el transporte utiliza una combinación de cruce de andén, recorridos rutinarios y transportistas TL y LTL, junto con transportistas de paquetería en algunos casos. La meta es utilizar la opción adecuada en cada situación. Los productos de alta demanda pueden enviarse de manera directa a las tiendas de alta demanda, mientras que los productos de baja demanda o los embarques a tiendas de baja demanda pueden consolidarse desde y hacia el CD. La complejidad de administrar esta red de transporte es muy alta debido a los diferentes procedimientos de embarque que se utilizan para cada producto y punto de venta. Operar una red a la medida requiere una inversión significativa en infraestructura de la información para facilitar la coordinación. Tal red, sin embargo, permite el uso selectivo del método de embarque que minimice los costos de transporte como también los de inventario.

La tabla 13-2 resume las ventajas y desventajas de varias opciones de red de transporte.

En la siguiente sección analizamos los diferentes equilibrios que los gerentes de la cadena de suministro necesitan considerar al diseñar y operar una red de transporte.

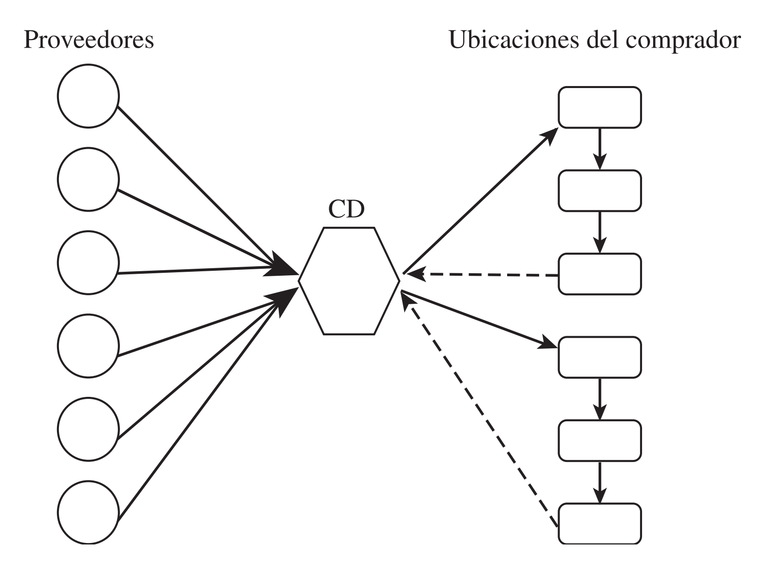


FIGURA 13-5
Recorridos rutinarios desde el CD

TABLA 13-2 Ventajas y desventajas de las diferentes redes de transporte

Estructura de la red	*Ventajas*	*Desventajas*
Embarque directo	Sin almacén intermediario	Inventarios altos (debido al gran tamaño del lote)
	Fácil de coordinar	Gasto de recepción significativo
Embarque directo con recorridos rutinarios	Costos de transporte bajos para lotes pequeños Inventarios bajos	Incremento en la complejidad de la coordinación
Todos los embarques vía un CD central con almacenamiento de inventario	Costo bajo de transporte entrante gracias a la consolidación	Incremento en el costo de inventario Incremento en el costo de manejo en el CD
Todos los embarques vía un CD central con cruce de andén	Requerimiento de inventario muy bajo Costo de transporte bajo gracias a la consolidación	Incremento en la complejidad de la coordinación
Embarques vía CD utilizando recorridos rutinarios	Costo bajo de transporte saliente para lotes pequeños	Incremento adicional en la complejidad de la coordinación
Red a la medida	La opción de transporte que mejor se ajuste a las necesidades individuales del producto y la tienda	Alta complejidad en la coordinación

13.5 EQUILIBRIOS EN EL DISEÑO DEL TRANSPORTE

Todas las decisiones de transporte que toman los expedidores en la red de la cadena de suministro deben tomar en consideración su impacto en los costos de inventario, costos de instalación y procesamiento, costo de coordinar las operaciones, como también el nivel de capacidad de respuesta proporcionada a los clientes. Por ejemplo, el uso de transportistas de paqueterías por parte de Dell para entregar las computadoras personales a los clientes incrementa el costo de transporte aunque le permite centralizar sus instalaciones y reducir los costos de inventario. Si Dell quiere reducir sus costos de transporte, la compañía debe sacrificar la capacidad de respuesta a los clientes o incrementar el número de instalaciones y los inventarios resultantes para acercarse a los clientes.

El costo de coordinar las operaciones es difícil de cuantificar. Los expedidores deben evaluar las diferentes opciones de transporte en términos de los diversos costos como también de los ingresos, y clasificarlos según la complejidad de la coordinación. Así, el gerente puede tomar la decisión correcta sobre el transporte. Los gerentes deben considerar los siguientes equilibrios al tomar las decisiones:

- Equilibrio entre el costo de transporte y de inventario
- Equilibrio entre el costo de transporte y la capacidad de respuesta al cliente

EQUILIBRIO ENTRE EL COSTO DE TRANSPORTE Y DE INVENTARIO

El equilibrio entre los costos de transporte y de inventario es significativo cuando se diseña la red de una cadena. Hay dos decisiones que son fundamentales para la cadena y se relacionan con este equilibrio:

- La selección del medio de transporte
- La agregación de inventarios

Selección del medio de transporte

Seleccionar un medio de transporte para la cadena de suministro es una decisión tanto de planeación como de operación. La decisión respecto a los transportistas con los cuales contrata la compañía es una decisión de planeación, mientras que la decisión sobre el medio de transporte que se utilizará para un embarque en particular es una decisión de operación. En ambas decisiones, el expedidor debe equilibrar los costos de transporte y de inventario. El medio de transporte

TABLA 13-3 Clasificación de los medios de transporte en términos del desempeño de la cadena de suministro

Tamaño	*Lote del inventario*	*Inventario de seguridad*	*Costo en tránsito*	*Tiempo de transporte*	*Transporte*
Ferrocarril	5	5	5	2	5
TL	4	4	4	3	3
LTL	3	3	3	4	4
Paquetería	1	1	1	6	1
Aire	2	2	2	5	2
Agua	6	6	6	1	6

que da como resultado el menor costo de transporte no necesariamente disminuye los costos totales de la cadena. Los medios de transporte más baratos tienen tiempos de espera más largos y mayores cantidades de embarques mínimos, los cuales dan por resultado niveles más altos de inventario en la cadena. Los medios que permiten el embarque en pequeñas cantidades reducen los niveles de inventario pero tienden a ser más costosos. Dell, por ejemplo, envía por carga aérea varios de sus componentes desde Asia. Esta opción no se justifica con base en el costo de transporte por sí mismo, pero sí la justifica el uso de un medio más rápido de transporte para enviar componentes valiosos que permiten a Dell mantener niveles bajos de inventario.

El impacto de utilizar distintos medios de transporte en los inventarios, tiempo de respuesta y costos de la cadena se muestra en la tabla 13-3. Cada medio de transporte se clasifica de acuerdo con varias dimensiones, siendo 1 el más bajo y 6 el más alto.

Los medios de transporte más rápidos se prefieren para los productos con una razón alta de valor a peso, para los cuales es importante reducir los inventarios, mientras que los medios más baratos se prefieren para los productos con una razón baja de valor a peso, para los cuales es importante reducir el costo de transporte. La selección del medio de transporte debe tomar en consideración los costos de los inventarios de ciclo, seguridad y en tránsito, además del costo de transporte. Ignorar los costos de inventario al tomar las decisiones sobre el transporte da por resultado opciones que empeoran el desempeño de la cadena, como se ilustra en el ejemplo 13-1.

Ejemplo 13-1: **Equilibrios al seleccionar el medio de transporte**

Eastern Electric (EE) es un importante fabricante de electrodomésticos que tiene una gran planta en el área de Chicago. EE le compra a Westview Motors (que se localiza cerca de Dallas) todos los motores para sus aparatos. Actualmente, EE compra 120,000 motores cada año a un precio de 120 dólares por motor. La demanda ha sido relativamente constante durante varios años y se espera que continúe así. Cada motor pesa en promedio 10 libras (4.54 Kg.) y EE tradicionalmente compra en lotes de 3,000 motores. Westview embarca cada pedido de EE al día siguiente de recibirlo. En su planta de ensamblaje, EE mantiene un inventario de seguridad igual a 50% del promedio de la demanda de motores durante el tiempo de espera de la entrega.

El gerente de la planta de EE ha recibido varias propuestas para el transporte y debe decidir cuál aceptar. Los detalles de las propuestas se muestran en la tabla 13-4, donde un cwt es igual a 100 libras (45.4 Kg.).

El precio de Golden representa descuentos por cantidad sobre el costo marginal unitario (véase el capítulo 10). El representante de Golden ha propuesto disminuir la tasa marginal para la

TABLA 13-4 Propuestas de transporte para EE Electric

Transportista	*Rango de cantidad enviada (cwt)*	*Costo de embarque ($/cwt)*
AM Railroad	200+	6.50
Northeast Trucking	100+	7.50
Golden Freightways	50-150	8.00
Golden Freightways	150-250	6.00
Golden Freightways	250+	4.00

cantidad que rebase 250 cwt en un embarque, de \$4/cwt a \$3/cwt y propuso que EE incrementara el tamaño de lote a 4,000 motores para aprovechar el menor costo de transporte. ¿Qué debe hacer el gerente?

Análisis: La nueva propuesta de Golden dará como resultado costos de transporte muy bajos para EE, si el gerente de la planta ordena lotes de 400 motores. Sin embargo, éste decide incluir los costos de inventario en la decisión de transporte. El costo anual para EE de mantener inventario es de 25%, lo cual implica un costo anual de mantener inventario de $H = \$120 \times 0.25 = \$30$ por motor. Los embarques por ferrocarril requieren cinco días en tránsito, mientras que los embarques por camión requieren 3 días en tránsito. La decisión sobre el transporte afecta el inventario de ciclo, el inventario de seguridad y el inventario en tránsito de EE. Por lo tanto, el gerente decide evaluar el costo total de transporte e inventario para cada opción de transporte.

La propuesta de AM Rail requiere un embarque mínimo de 20,000 libras (9,081.85 Kg.) o 2,000 motores. El tiempo de espera de resurtido en este caso es de $L = 5 + 1 = 6$ días. Para un tamaño de lote de $Q = 2{,}000$ motores, el gerente obtiene lo siguiente:

$$\text{Inventario de ciclo} = Q/2 = 2{,}000/2 = 1{,}000 \text{ motores}$$
$$\text{Inventario de seguridad} = L/2 \text{ días de demanda} = (6/2)(120{,}000/365) = 986 \text{ motores}$$
$$\text{Inventario en tránsito} = 120{,}000(5/365) = 1{,}644 \text{ motores}$$
$$\text{Inventario promedio total} = 1{,}000 + 986 + 1{,}644 = 3{,}630 \text{ motores}$$
$$\text{Costo anual de mantener inventario utilizando AM Rail} = 3{,}630 \times \$30 = \$108{,}900$$

AM Rail cobra 6.50 dólares por cwt, lo que da por resultado un costo de transporte de 0.65 por motor, debido a que cada motor pesa 10 libras (4.5 Kg.). Por lo tanto,

$$\text{Costo anual de transporte utilizando AM Rail} = 120{,}000 \times 0.65 = \$78{,}000$$

El costo total anual de inventario y transporte utilizando a AM Rail es de 186,900 dólares.

El gerente de la planta evalúa luego el costo asociado con cada opción de transporte, como se muestra en la tabla 13-5. Con base en el análisis de esta tabla, el gerente decide firmar un contrato con Golden Freightways y ordenar motores en lotes de 500. Esta opción tiene el costo de transporte más alto pero el costo total más bajo. Si la selección se hubiera hecho tomando en cuenta sólo el costo de transporte en el que se incurre, la nueva propuesta de Golden que disminuye el precio de grandes embarques hubiera parecido atractiva. En realidad, EE paga un alto costo global por esta propuesta. Por lo tanto, la consideración del equilibrio entre los costos de inventario y transporte permite al gerente tomar la decisión del medio de transporte que minimiza el costo total de EE.

PUNTO CLAVE Al seleccionar un medio de transporte, los gerentes deben tomar en cuenta los costos de los inventarios de ciclo, seguridad y en tránsito que resultan de utilizar cada uno de los medios. Los medios con un costo de transporte alto se justifican si el resultado es una disminución significativa de los costos de inventario.

TABLA 13-5 Análisis de las opciones de transporte para Eastern Electric

Alternativa	*Tamaño de lote (Motores)*	*Costo de transporte*	*Inventario de ciclo*	*Inventario de seguridad*	*Inventario en tránsito*	*Costo de inventario*	*Costo total*
AM Rail	2,000	\$78,000	1,000	986	1,644	\$108,900	\$186,900
	1,000	\$90,000	500	658	986	\$64,320	\$154,320
Golden	500	\$96,000	250	658	986	\$56,820	\$152,820
Golden	1,500	\$96,000	750	658	986	\$71,820	\$167,820
Golden	2,500	\$86,400	1,250	658	986	\$86,820	\$173,220
Golden	3,000	\$78,000	1,500	658	986	\$94,320	\$172,320
Golden (propuesta anterior	4,000	\$72,000	2,000	658	986	\$109,320	\$181,320
Golden (propuesta nueva	4,000	\$67,500	2,000	658	986	\$109,320	\$176,820

Agregación de inventarios

Las compañías pueden reducir de manera significativa el inventario de seguridad que requieren mediante la agregación física de los inventarios en un solo lugar (véase el capítulo 11). La mayoría de los negocios electrónicos emplean esta técnica para obtener una ventaja sobre las compañías que tienen instalaciones en muchos lugares. Por ejemplo, Amazon.com se ha enfocado en disminuir sus costos de instalación e inventario manteniendo inventarios en pocos almacenes, mientras que las librerías como Borders y Barnes & Noble tienen que mantener inventario en muchas tiendas detallistas.

Sin embargo, el costo de transporte se incrementa cuando el inventario se agrega. Si los inventarios están altamente desagregados, cierta agregación puede disminuir los costos de transporte. No obstante, más allá de cierto punto, la agregación de los inventarios eleva el costo total de transporte. Consideremos una cadena de librerías como Borders. El costo de transporte entrante hacia Borders se debe al resurtido de las librerías con nuevos libros. No hay costo de transporte saliente, pues los mismos clientes transportan sus libros a casa. Si Borders decide cerrar todas sus librerías y vender sólo en línea, tendrá que incurrir en costos de transporte entrante y saliente. El costo de transporte entrante a los almacenes será más bajo que a todas las librerías. Aunque por el otro lado, el costo de transporte saliente se incrementará significativamente debido a que cada embarque saliente al cliente será pequeño y requerirá un medio caro como un transportista de paquetería. El costo total de transporte se incrementará con la agregación, ya que cada libro viaja la misma distancia que cuando se vendía en la librería, excepto que una gran fracción de la distancia está en el lado saliente que utiliza un medio de transporte caro. Conforme se incrementa el grado de agregación de inventarios, el costo total de transporte también se eleva. Por lo tanto, todas las compañías que planean la agregación de inventarios deben considerar, al tomar esta decisión, balancear los costos de transporte, inventario e instalaciones.

La agregación de inventarios es una buena idea cuando los costos de inventario y de instalación constituyen una gran fracción de los costos totales de la cadena. La agregación de inventarios es útil para productos con una razón grande de valor a peso y para productos con una alta incertidumbre de la demanda. Por ejemplo, la agregación de inventarios es muy valiosa para los nuevos productos de la industria de las computadoras, pues éstas tienen una razón valor a peso grande y la demanda de los nuevos productos es incierta. También es una buena idea si los pedidos de los clientes son suficientemente grandes como para asegurar suficientes economías de escala en el transporte saliente. Cuando los productos tienen una razón baja de valor a peso y los pedidos de los clientes son pequeños, la agregación de inventarios puede afectar el desempeño de la cadena debido a los altos costos de transporte. En comparación con las computadoras, el valor de la agregación de inventarios es pequeño para los libros de mejor venta que tienen una razón baja de valor a peso y una demanda más predecible.

Ilustramos los equilibrios que deben tomarse en cuenta en la toma de decisiones de agregación en el ejemplo 13-2.

Ejemplo 13-2: **Equilibrios al agregar inventario**

HighMed, un fabricante de equipo médico para procedimientos del corazón, se ubica en Madison, Wisconsin, y sus productos son utilizados por cardiólogos en Estados Unidos. El equipo médico no se vende a través de agentes sino directamente a los doctores. Actualmente, HighMed divide a Estados Unidos en 24 territorios, cada uno con su propio equipo de vendedores. Todos los inventarios de productos se mantienen de manera local y se reabastecen desde Madison cada cuatro semanas por medio de UPS. El tiempo de espera de reabastecimiento es de una semana. UPS cobra una tarifa de $\$0.66 + 0.26x$, donde x es la cantidad enviada en libras. Los productos vendidos se clasifican en dos categorías, HighVal y LowVal. Los primeros pesan 0.1 libras a un costo de 200 dólares cada uno y los segundos pesan 0.04 libras a un costo de 30 dólares cada uno.

La demanda semanal de los productos HighVal en cada territorio está distribuida de manera normal, con una media de $\mu_H = 2$ y una desviación estándar $\sigma_H = 5$. La demanda semanal de los productos LowVal en cada territorio está distribuida normalmente, con una media de $\mu_L = 20$ y una desviación estándar $\sigma_L = 5$. HighMed mantiene inventarios de seguridad en cada territorio para proporcionar un CSL de 0.997 para cada producto. El costo de mantener inventario es de 25%.

Además del método actual, el equipo de administración de HighMed está considerando otras dos opciones:

Opción A. Mantener la estructura actual, pero reabastecer el inventario una vez a la semana, en lugar de una vez cada cuatro semanas.

Opción B. Eliminar los inventarios en los territorios, agregar todos los inventarios en un almacén de productos terminados en Madison, y reabastecer el almacén una vez por semana.

Si los inventarios se agregan en Madison, los pedidos se enviarán utilizando a FedEx, que cobra $5.53 + 0.53x$ por embarque, donde x es la cantidad enviada en libras. La fábrica requiere un tiempo de espera de una semana para resurtir los inventarios de productos terminados en el almacén de Madison. El pedido promedio del cliente es de 1 unidad de HighVal y de 10 unidades de LowVal. ¿Qué debe hacer HighMed?

Análisis: HighMed puede reducir el costo de transporte mediante la agregación de la cantidad que envía a la vez, ya que los precios de UPS como de FedEx muestran economías de escala. Al comparar la opción A con el sistema actual, el equipo administrativo debe establecer un equilibrio entre los ahorros en el costo de transporte que se logran con un resurtido menos frecuente y los ahorros en el costo de inventario que se logran con un resurtido más frecuente. Al considerar la opción B, el equipo administrativo debe equilibrar el incremento en el costo de transporte que produce la agregación de los inventarios y el uso de un transportista más rápido pero más caro (FedEx) con una disminución en el costo del inventario.

El equipo administrativo debe analizar primero la situación actual. Para cada territorio,

Tiempo de espera del resurtido, $L = 1$ semanas
Intervalo de reorden, $T = 4$ semanas
$CSL = 0.997$

1. ***Costos de inventario de HighMed (escenario actual):*** Para HighVal en cada territorio, el equipo administrativo obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Tamaño de lote promedio, } Q_H &= \text{demanda esperada durante } T \text{ semanas}\\ &= T\mu_H = 4 \times 2 = 8 \text{ unidades}\\ \text{Inventario de seguridad, } ss_H &= F^{-1}(CSL) \times \sigma_{T+L} = F^{-1}(CSL) \times \sqrt{T+L} \times \sigma_H\\ &= F^{-1}(0.997) \times \sqrt{4+1} \times 5 = 30.7 \text{ unidades (véase la ecuación 11.16)}\\ \text{Inventario total de HighVal} &= Q_H/2 + ss_H = (8/2) + 30.7 = 34.7 \text{ unidades}\end{aligned}$$

En los 24 territorios, HighMed mantiene un inventario de HighVal de $24 \times 34.7 = 832.8$ unidades. Para LowVal en cada territorio, el equipo administrativo obtiene lo siguiente:

$$\text{Tamaño de lote promedio, } Q_L = \text{demanda esperada durante } T \text{ semanas} = T\mu_L = 4 \times 20 = 80 \text{ unidades}$$

$$\begin{aligned}\text{Inventario de seguridad, } ss_L &= F^{-1}(CSL) \times \sigma_{T+L} = F^{-1}(CSL) \times \sqrt{T+L} \times \sigma_L\\ &= F^{-(}(0.997) \times \sqrt{4+1} \times 5 = 30.7 \text{ unidades,}\\ \text{Inventario total de LowVal} &= Q_L/2 + ss_L = (80/2) + 30.7 = 70.7 \text{ unidades}\end{aligned}$$

En los 24 territorios, HighMed mantiene un inventario de HighVal de $24 \times 70.7 = 1696.8$ unidades.

Así, el equipo administrativo obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}\text{Costo anual de mantener inventario para HighMed} &= (\text{inventario promedio de HighVal} \times \$200\\ &\quad + \text{Inventario promedio de LowVal} \times \$30) \times 0.25\\ &= (832.8 \times \$200 + 1696.8 \times \$30) \times 0.25\\ &= \$54{,}366\end{aligned}$$

2. ***Costo de transporte de HighMed (escenario actual):*** El pedido promedio de resurtido de cada territorio consta de Q_H unidades HighVal y Q_L unidades de LowVal. Por tanto,

$$\text{Peso promedio de cada pedido de resurtido} = 0.1Q_H + 0.04Q_L = 0.1 \times 8 + 0.04 \times 80 = 4 \text{ libras}$$

$$\text{Costo de embarque por pedido de resurtido} = \$0.66 + 0.26 \times 4 = \$1.7$$

Cada territorio tiene 13 pedidos de resurtido por año y existen 24 territorios. Por tanto,

$$\text{Costo anual de transporte} = \$1.7 \times 13 \times 24 = \$530$$

3. ***Costo total de HighMed (escenario actual):*** El costo anual de inventario y transporte de HighMed = costo de inventario + costo de transporte = \$54,366 + \$530.4 = \$54,896.

TABLA 13-6 Costos de HighMed con diferentes opciones de red

	Escenario actual	*Opción A*	*Opción B*
Número de ubicaciones de almacenaje	24	24	1
Intervalo de reorden	4 semanas	1 semana	1 semana
Inventario de ciclo de HighVal	96 unidades	24 unidades	24 unidades
Inventario de seguridad de HighVal	736.8 unidades	466 unidades	95.2 unidades
Inventario de HighVal	832.8 unidades	490 unidades	119.2 unidades
Inventario de ciclo de LowVal	960 unidades	240 unidades	240 unidades
Inventario de seguridad de LowVal	736.8 unidades	466 unidades	95.2 unidades
Inventario de LowVal	1,696.8 unidades	706 unidades	335.2 unidades
Costo anual de inventario	$54,366	$29,795	$8,474
Tipo de embarque	Resurtido	Resurtido	Pedido del cliente
Tamaño del embarque	8 HighVal + 80 LowVal	2 HighVal + 20 LowVal	1 HighVal + 10 LowVal
Peso del embarque	4 libras	1 libra	0.5 libras
Costo anual de transporte	$530	$1,148	$14,464
Costo total anual	$54,896	$30,943	$22,938

El equipo de administración de HighMed evalúa los costos de la opción A y la opción B de manera similar y los resultados se resumen en la tabla 13-6.

En la tabla 13-6 observamos que incrementar la frecuencia de resurtido en la opción A disminuye el costo total de HighMed. El incremento en los costos de transporte es mucho más pequeño que la disminución en los costos de inventario que resulta de lotes pequeños. HighMed puede reducir el costo total agregando todos los inventarios y utilizando a FedEx como transporte, ya que la disminución en los inventarios después de la agregación es más grande que el incremento en los costos de transporte.

Si los pedidos del cliente son de tamaño pequeño, el incremento en el costo del transporte después de la agregación puede ser significativo y la agregación de inventarios puede incrementar el costo total. Reconsidere el caso de HighMed, pero ahora cada pedido del cliente promedia 0.5 unidades de HighVal y 5 de LowVal (la mitad del tamaño considerado anteriormente). Los costos de la opción actual así como los de la opción A permanecen sin cambio debido a que HighMed no paga transporte saliente e incurre sólo en el costo de transportar los pedidos de resurtido en ambas opciones. Sin embargo, la opción B se vuelve más cara, ya que los costos de transporte saliente se incrementan con una disminución en el tamaño del pedido del cliente. Con pedidos más pequeños, los costos de la opción B son los siguientes:

$$\text{Peso promedio de cada pedido del cliente} = 0.1 \times 0.5 + 0.04 \times 5 = 0.25 \text{ libras}$$
$$\text{Costo del embarque por pedido del cliente} = \$5.53 + 0.53 \times 0.25 = \$5.66$$
$$\text{Número de pedidos del cliente por territorio por semana} = 4$$
$$\text{Total de pedidos de los clientes por año} = 4 \times 24 \times 52 = 4{,}992$$
$$\text{Costo anual de transporte} = 4{,}992 \times \$5.66 = \$28{,}255$$
$$\text{Costo total anual} = \text{costo de inventario} + \text{costo de transporte}$$
$$= \$8{,}474 + \$28{,}255 = \$36{,}729$$

Por tanto, con pedidos pequeños de los clientes, la agregación de inventarios deja de ser la opción de menor costo para HighMed, debido al gran incremento en los costos de transporte. Es mejor para la compañía mantener inventario en cada territorio y utilizar la opción A, que tiene un costo total menor.

PUNTO CLAVE Las decisiones sobre la agregación de inventarios deben tomar en cuenta los costos de inventario y transporte. La agregación de inventarios reduce los costos de la cadena si el producto tiene una razón alta de valor a peso, una incertidumbre de la demanda alta y los pedidos de los clientes son grandes. Si un producto tiene una razón baja de valor a peso, una incertidumbre de la demanda baja o los pedidos de los clientes son pequeños, la agregación puede incrementar los costos de la cadena.

TABLA 13-7 Demanda diaria de Alloy Steel en un periodo de dos semanas

	Lunes	*Martes*	*Miércoles*	*Jueves*	*Viernes*	*Sábado*	*Domingo*
Semana 1	19,970	17,470	11,316	26,192	20,263	8,381	25,377
Semana 2	39,171	2,158	20,633	23,370	24,100	19,603	18,442

EQUILIBRIO ENTRE EL COSTO DE TRANSPORTE Y LA CAPACIDAD DE RESPUESTA HACIA EL CLIENTE

El costo de transporte en que incurre una cadena está estrechamente vinculado con el grado de capacidad de respuesta que la cadena busca proporcionar. Si una compañía tiene una gran capacidad de respuesta y envía todos los pedidos al día siguiente que los recibió de los clientes, tendrá embarques salientes pequeños, lo que dará por resultado un alto costo de transporte. Si disminuye su capacidad de respuesta y agrega los pedidos durante un horizonte de tiempo más largo antes de enviarlos, podrá explotar las economías de escala y tener un costo de transporte más bajo, debido a que los embarques serán más grandes. La *agregación temporal* es el proceso de combinar los pedidos a través del tiempo. Disminuye la capacidad de respuesta de la compañía debido al retraso del embarque, pero también disminuye los costos de transporte como resultado de las economías de escala que producen los grandes embarques. Por lo tanto, una compañía debe considerar el equilibrio entre la capacidad de respuesta y el costo de transporte al diseñar su red de transporte, como se ilustra en el ejemplo 13-3.

Ejemplo 13-3: **Equilibrio entre el costo de transporte y la capacidad de respuesta**
Alloy Steel es un centro de servicio para el acero en el área de Cleveland. Todos los pedidos se envían a los clientes utilizando un transportista LTL que cobra $\$100 + 0.1x$, donde x es el número de libras de acero enviado en el camión. En la actualidad, Alloy Steel envía los pedidos el día en que se reciben. La política relativa a un periodo de tránsito de dos días hace que Alloy logre un tiempo de respuesta de dos días. En la tabla 13-7, se muestra la demanda diaria de Alloy Steel durante un periodo de dos semanas.

El gerente general considera que los clientes no valoran en realidad el tiempo de respuesta de dos días y estarían satisfechos con un tiempo de respuesta de cuatro días. ¿Cuáles son las ventajas en el costo de incrementar el tiempo de respuesta?

Análisis: Conforme el tiempo de respuesta se incrementa, Alloy Steel tiene la oportunidad de agregar la demanda durante varios días, antes de hacer los envíos. En un tiempo de respuesta de tres días, Alloy puede agregar la demanda durante dos días consecutivos, antes de realizar el embarque. En un tiempo de respuesta de cuatro días, Alloy puede agregar la demanda durante tres días antes de hacer el envío. El gerente evalúa la cantidad enviada y los costos de transporte para diferentes tiempos de respuesta durante un periodo de dos semanas, como se muestra en la tabla 13-8.

Consulte la tabla 13-8 y observe que el costo de transporte para Alloy Steel disminuye conforme el tiempo de respuesta se incrementa. Sin embargo, el beneficio de la consolidación temporal disminuye rápidamente conforme se incrementa el tiempo de respuesta. A medida que éste pasa de dos a tres días, el costo de transporte durante un periodo de dos semanas disminuye en 700 dólares. Aumentar el tiempo de respuesta de tres a cuatro días reduce el costo de transporte solamente 200 dólares. Por tanto, es mejor para Alloy Steel ofrecer un tiempo de respuesta de tres días, ya que es pequeño el beneficio marginal de incrementarlo un poco más.

En general, una cantidad limitada de agregación temporal puede ser muy eficaz para reducir el costo de transporte en la cadena. Sin embargo, al escoger el tiempo de respuesta, las compañías deben establecer un equilibrio entre la disminución en el costo del transporte que produce la agregación temporal y la pérdida de ingresos debida a una menor capacidad de respuesta. La consolidación temporal también mejora el desempeño del transporte ya que da como resultado embarques más estables. Por ejemplo, en la tabla 13-7, cuando Alloy Steel envía embarques diarios, el coeficiente de variación es de 0.44, mientras que la agregación temporal a lo largo de tres días (que se logra con un tiempo de respuesta de 4 días) tiene un coeficiente de variación de sólo 0.16. Embarques más estables permiten que el expedidor y el transportista planeen mejor las operaciones y mejoren la utilización de sus activos.

TABLA 13-8 Cantidad embarcada y costo de transporte como una función del tiempo de respuesta

		Respuesta de dos días		*Respuesta de tres días*		*Respuesta de cuatro días*	
Día	*Demanda*	*Cantidad enviada*	*Costo ($)*	*Cantidad enviada*	*Costo ($)*	*Cantidad enviada*	*Costo ($)*
1	19,970	19,970	299.7	0	—	0	—
2	17,470	17,470	274.70	37,440	474.40	0	—
3	11,316	11,316	213.16	0	—	48,756	587.56
4	26,192	26,192	361.92	37,508	475.08	0	—
5	20,263	20,263	302.63	0	—	0	—
6	8,381	8,381	183.81	28,644	386.44	54,836	648.36
7	25,377	25,377	353.77	0	—	0	—
8	39,171	39,171	491.71	64,548	745.48	0	—
9	2,158	2,158	121.58	0	—	66,706	767.06
10	20,633	20,633	306.33	22,791	327.91	0	—
11	23,370	23,370	333.70	0	—	0	—
12	24,100	24,100	341.00	47,470	574.70	68,103	781.03
13	19,603	19,603	296.03	0	—	0	—
14	18,442	18,442	284.42	38,045	480.45	38,045	480.45
			$4,164.46		3,464.46		3,264.46

PUNTO CLAVE La agregación temporal de la demanda da como resultado una reducción en el costo de transporte, ya que permite que los embarques sean más grandes. Asimismo, reduce la variación del tamaño de un embarque a otro. Sin embargo, afecta el tiempo de respuesta del cliente. El beneficio marginal de la agregación temporal disminuye conforme se incrementa el periodo durante el cual se lleva a cabo la agregación.

En la siguiente sección analizamos la manera en que las redes de transporte pueden adaptarse a los clientes con diferentes necesidades.

13.6 TRANSPORTE A LA MEDIDA

El *transporte a la medida* es el uso de diferentes redes y medios de transporte con base en las características del cliente y del producto. La mayoría de las compañías venden una variedad de productos y atienden a muchos segmentos diferentes. Por ejemplo, W.W. Grainger vende más de 200,000 productos de suministros MRO (mantenimiento, reparación y operación) tanto a pequeños contratistas como a grandes compañías. Los productos varían en tamaño y valor; los clientes varían en la cantidad que compran, la capacidad de respuesta que requieren, la incertidumbre de los pedidos y la distancia a la que se encuentran respecto a las sucursales y al CD de W.W. Grainger. Dadas estas diferencias, una compañía como W.W. Grainger no debe diseñar una red de transporte que considere todas las necesidades, ya que puede satisfacer las necesidades del cliente a un costo más bajo utilizando un medio de transporte a la medida para proporcionar el medio apropiado, con base en las características del cliente y del producto. En las siguientes secciones describimos diversas formas de transporte a la medida en la cadena de suministro.

TRANSPORTE A LA MEDIDA POR DENSIDAD DE CLIENTES Y DISTANCIA

Las compañías deben considerar, cuando diseñan las redes de transporte, la densidad de clientes y la distancia del almacén. Las opciones de transporte ideales con base en la densidad y la distancia se muestran en la tabla 13-9.

TABLA 13-9 Opciones de transporte con base en la densidad de clientes y la distancia

	Densidad alta	*Distancia media*	*Distancia larga*
Densidad media	Flotilla privada con recorridos rutinarios	Cruce de andén con recorridos rutinarios	Cruce de andén con recorridos rutinarios
Densidad baja	Recorridos rutinarios por parte de terceros	Transportista LTL	Transportista LTL o de paquetería
Distancia corta	Recorridos rutinarios por parte de terceros o transportista LTL	Transportista LTL o de paquetería	Transportista de paquetería

Cuando una compañía atiende una densidad alta de clientes cercanos al CD, suele ser conveniente que la empresa sea la propietaria de la flotilla de camiones que hacen los recorridos rutinarios —cuyo origen es el CD y su destino los clientes—, ya que en esta situación se hace un buen uso de los vehículos. Si la densidad de clientes es alta, pero la distancia desde el almacén es larga, no tiene sentido enviar recorridos frecuentes desde el almacén, debido a que los camiones recorrerán una gran distancia al regresar vacíos. En tal situación es mejor utilizar un transportista público con camiones grandes para transportar los embarques a un centro de cruce de andén cercano al área del cliente, donde los embarques se carguen en camiones más pequeños que entregarán el producto a los clientes mediante recorridos rutinarios. En esta situación, puede no ser ideal que la empresa sea dueña de la flotilla de camiones. Conforme la densidad de clientes disminuye, recurrir a un transportista LTL o a un tercero para que haga los recorridos rutinarios es más económico, ya que estos transportistas pueden agregar los embarques de muchas compañías. Si la compañía quiere atender un área con una densidad muy baja de clientes lejos del almacén, incluso la opción de los transportistas LTL podría no ser factible, por lo que lo mejor sería acudir a los transportistas de paquetería. Boise Cascade Office Products, un distribuidor industrial de artículos para oficina, ha diseñado una red de transporte congruente con la sugerencia de la tabla 13-9.

La densidad de clientes y la distancia deben ser consideradas también cuando las compañías toman decisiones acerca del grado de agregación temporal que utilizarán al atender a los clientes. Las empresas deben atender con más frecuencia las áreas con alta densidad de clientes, puesto que son éstas las que probablemente proporcionen economías de escala suficientes en el transporte, haciendo que la agregación temporal sea menos valiosa. Para disminuir los costos de transporte, las empresas deben utilizar un alto grado de agregación temporal para atender áreas con una densidad de clientes baja.

TRANSPORTE A LA MEDIDA SEGÚN EL TAMAÑO DEL CLIENTE

Las compañías deben considerar el tamaño y la ubicación del cliente al diseñar las redes de transporte. Se puede proveer a los grandes clientes utilizando un transportista TL, mientras que los pequeños requerirán un transportista LTL o recorridos rutinarios. Al acudir a estos últimos, el expedidor incurre en dos tipos de costos:

- El costo de transporte con base en la distancia total de la ruta
- El costo de entrega con base en el número de entregas

El costo de transporte es el mismo para un cliente grande o para uno pequeño. Si la entrega se va a hacer a un cliente grande, incluir otros pequeños en el mismo camión puede representar un ahorro en los costos de transporte. Para cada cliente pequeño, sin embargo, el costo de entrega por unidad es más alto que para los grandes clientes. Por lo tanto, lo óptimo no es entregar a clientes pequeños y grandes con la misma frecuencia al mismo precio. Una opción que tienen las compañías es cobrar un costo de entrega más alto a los clientes pequeños. Otra opción es realizar recorridos rutinarios a la medida, de manera que puedan visitar a los clientes grandes con una frecuencia más alta que a los clientes pequeños. Las empresas pueden clasificar a los clientes en grandes (L), medianos (M) y pequeños (S), con base en la demanda de cada uno. La frecuencia óptima de las visitas puede evaluarse con base en los costos de transporte y entrega

TABLA 13-10 Estrategias de agregación con base en el valor y la demanda

Tipo de producto	*Valor alto*	*Valor bajo*
Demanda alta	Inventario de ciclo desagregado. Inventario de seguridad agregado. Medio de transporte barato para reabastecer el inventario de ciclo y medio rápido cuando se utiliza el inventario de seguridad.	Desagregar todos los inventarios y utilizar un medio de transporte barato para el resurtido.
Demanda baja	Agregar todos los inventarios. Si es necesario, utilizar un medio de transporte rápido para surtir los pedidos del cliente.	Agregar sólo el inventario de seguridad. Utilizar un medio de transporte barato para reabastecer el inventario de ciclo.

(véase la sección 10.2). Si los clientes grandes son visitados en todos los recorridos rutinarios, los medianos en cada dos recorridos y los pequeños en cada tres recorridos, es posible diseñar recorridos a la medida combinando los clientes en cada corrida. Los clientes medianos serían divididos en dos subcategorías (M_1, M_2) y los clientes pequeños en tres (S_1, S_2, S_3). La compañía puede secuenciar los siguientes seis recorridos rutinarios para asegurar que cada cliente sea visitado con la frecuencia apropiada: (L, M_1, S_1), (L, M_2, S_2), (L, M_1, S_3), (L, M_2, S_1), (L, M_1, S_2), (L, M_2, S_3). Esta secuencia a la medida tiene la ventaja de que cada camión transporta aproximadamente la misma carga y los grandes clientes son surtidos con una entrega más frecuente que los clientes pequeños, de acuerdo con sus costos relativos de entrega.

TRANSPORTE A LA MEDIDA POR DEMANDA Y VALOR DEL PRODUCTO

El grado de agregación de inventarios y los medios de transporte utilizados en la red de una cadena de suministro deben variar con la demanda y el valor de un producto, como se muestra en la tabla 13-10. El inventario de ciclo de productos de valor alto con una demanda alta se desagrega para ahorrar en costos de transporte, ya que esto permite que los pedidos de resurtido sean transportados a bajo costo. Los inventarios de seguridad para tales productos pueden agregarse a fin de reducir los inventarios (véase el capítulo 11) y se puede utilizar un medio de transporte más rápido si el inventario de seguridad se requiere para satisfacer la demanda de los clientes. Para productos de demanda alta con valor bajo, todos los inventarios deben desagregarse y mantenerse cerca del cliente para reducir los costos de transporte. Para los productos de demanda baja y valor alto, todos los inventarios deben agregarse para ahorrar en costos de inventario. Para los productos de demanda baja y valor bajo, los inventarios de ciclo pueden mantenerse cerca del cliente y los inventarios de seguridad deben agregarse con el propósito de reducir los costos de transporte y aprovechar la agregación. Los inventarios de ciclo son reabastecidos utilizando un medio de transporte barato para ahorrar costos.

PUNTO CLAVE El transporte a la medida que se basa en la densidad de los clientes y la distancia, el tamaño del cliente o la demanda y el valor del producto permite a la cadena lograr una capacidad de respuesta apropiada y un costo bajo.

13.7 EL PAPEL DE LA TI EN EL TRANSPORTE

La complejidad y la escala del transporte lo convierten en una excelente área dentro de la cadena de suministro para utilizar los sistemas de TI. El uso del software para determinar las rutas de transporte ha sido la aplicación más común de la TI en el transporte. Este software utiliza la ubicación de los clientes, el tamaño del embarque, los tiempos de entrega deseados, la información sobre la infraestructura de transporte (como distancias entre los puntos) y la capacidad del vehículo como datos. Estos datos se formulan dentro de un problema de optimización cuya solución es un conjunto de rutas y lista de paquetería para cada vehículo que minimiza los costos al tiempo que cumple las restricciones de entrega.

Junto con las rutas, el software ayuda a mejorar la utilización de la flotilla. Al tomar en cuenta el tamaño del contenedor y el tamaño y la secuencia de cada entrega, este software de-

sarrolla un plan para llenar el vehículo de manera eficiente y, al mismo tiempo, facilita la descarga y carga a lo largo de la ruta. La sincronización entre el software de llenado y rutas es importante, ya que la cantidad que se carga en el camión afecta la ruta, la que, a su vez, afecta aquello que se carga en el camión.

La TI también entra en juego con el uso de los sistemas de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) y la notificación electrónica de los arribos inminentes. Los sistemas GPS monitorean en tiempo real la ubicación de los vehículos. Esta información mejora la respuesta de la empresa a las preguntas del cliente respecto a las entregas. Las notificaciones electrónicas son útiles en una amplia variedad de situaciones, que van desde el manifiesto de un buque que la aduana de Estados Unidos recibe días, o incluso semanas antes de que el barco atraque en el puerto hasta la notificación que hace un camión al departamento de recepción del almacén de que espera llegar 30 minutos antes. Las herramientas de notificación permiten a aquellos que reciben los bienes estar preparados cuando el vehículo llega y, por lo tanto, llevar a cabo las actividades de carga y descarga así como todo el trabajo administrativo de una manera más eficiente.

Los problemas más comunes del uso de TI en el transporte se relacionan con la colaboración entre compañías y la estrecha visión que tienen algunos programas informáticos de transporte. La colaboración entre compañías es crucial en el transporte, ya que ésta es una función que con frecuencia se subcontrata y no se relaciona de manera directa con el expedidor o con el cliente. Por tanto, la colaboración exitosa requiere que tres o más compañías trabajen juntas, lo que dificulta más las cosas. Otros problemas tienen su origen en el hecho de que gran parte del software de transporte se enfoca en las rutas eficientes y pasa por alto otros factores como el servicio al cliente y los tiempos de entrega prometidos, los cuales deben constreñir la ruta seleccionada.

Los jugadores en este espacio son casi todos los grandes vendedores de software de cadena de suministro, incluyendo a las empresas ERP y las mejores compañías enfocadas en la cadena de suministro. También ha habido un gran desarrollo interno que se ha enfocado en los procesos de administración del transporte.

13.8 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN EL TRANSPORTE

Existen tres tipos de riesgo a considerar al transportar un embarque entre dos nodos en la red:

1. El riesgo de que se retrase el embarque
2. El riesgo de que el embarque no llegue a su destino, debido a que fuerzas externas alteraron los nodos o vínculos intermedios
3. El riesgo del material peligroso

En cada caso es importante identificar las causas del riesgo y sus consecuencias y planear estrategias adecuadas de mitigación.

El retraso surge como resultado de un congestionamiento a lo largo de los vínculos, como los caminos, o en los nodos, como los puertos marinos y aéreos. Cuando el congestionamiento es la causa del retraso, las estrategias de mitigación para el expedidor incluyen el mover los inventarios más cerca del destino, utilizando líneas alternativas y la construcción de un amortiguador dentro del tiempo de espera. Los retrasos por congestionamiento pueden mitigarse diseñando la red con múltiples rutas hacia el destino y cambiando las rutas con base en los congestionamientos. También se pueden mitigar mediante la aplicación de precios de congestionamiento por parte del propietario del nodo o vínculo del transporte. El retraso puede surgir también por la disponibilidad limitada del transporte o la capacidad de infraestructura. Tales retrasos son más probables cuando los activos son propiedad de un tercero que atiende a múltiples clientes. Estos retrasos pueden mitigare al tener la propiedad de parte de la capacidad de transporte o mediante la firma de contratos a largo plazo relativos a la capacidad de transporte con el tercero. Dado el alto costo de ser propietario de estos activos, es mejor hacerlo en las partes de la red donde se utilizan mucho.

La interrupción de los vínculos o nodos de transporte puede ocurrir a causa de fenómenos naturales, como los huracanes, o acontecimientos provocados por el hombre, como los actos terroristas. La mejor estrategia de mitigación en este caso es diseñar rutas alternas dentro de la red de transporte. Por ejemplo, el terremoto de 1994 en Kobe, Japón, interrumpió el flujo de todas las compañías que utilizaban el puerto. Algunas de ellas, como Toyota, fueron capaces de recuperarse rápidamente pues incrementaron el flujo a través de puertos alternos de su red. De igual manera, durante la huelga de los estibadores de California en 2002, muchas compañías buscaron puertos alternos para hacer llegar el producto a donde se requería.

Cuando consideramos tanto el riesgo de retraso como de interrupción, es importante identificar las fuentes que probablemente están correlacionadas en la red. Por ejemplo, los sucesos del 11 de septiembre de 2001 causaron una interrupción en el transporte aéreo en todo Estados Unidos. En este caso, las rutas alternas fueron inútiles como estrategias de mitigación, ya que no había disponible ruta alguna. Para tales orígenes de riesgo correlacionado, la única opción es reducir la probabilidad de que se presente dicha interrupción.

El material peligroso puede ser nocivo cuando se le expone a la gente o al ambiente. La meta de la mitigación del riesgo aquí es minimizar la probabilidad de la exposición, y en caso de que ocurra la exposición, minimizar el impacto. Las estrategias de mitigación incluyen el uso de contenedores modificados, medios de transporte de bajo riesgo, selección de rutas con probabilidad baja de accidentes o población y exposición ambiental reducida o modificación de las propiedades físicas o químicas del material transportado para hacerlo menos peligroso.

13.9 TOMA DE DECISIONES DE TRANSPORTE EN LA PRÁCTICA

1. ***Alinear la estrategia de transporte con la estrategia competitiva.*** Los gerentes deben asegurarse de que la estrategia de transporte de una compañía soporte su estrategia competitiva. Deben diseñar incentivos funcionales que ayuden a lograr esta meta. Históricamente, la función de transporte dentro de las compañías ha sido evaluada con base en el grado en que puede disminuir los costos de transporte. Tal enfoque conduce a decisiones que disminuyen los costos de transporte pero que merman la capacidad de respuesta a los clientes e incrementan el costo total de la compañía. Si el despachador de un CD es evaluado exclusivamente con base en el grado con que los camiones son cargados, probablemente retrase los embarques y afecte la capacidad de respuesta al cliente para lograr una carga más grande. Las compañías deben evaluar la función de transporte considerando la combinación del costo de transporte, el costo de inventario y el nivel de capacidad de respuesta lograda con los clientes.

2. ***Considerar el transporte tanto interno como el subcontratado.*** Los gerentes deben considerar una combinación apropiada de los medios de transporte que son propiedad de la compañía y el transporte subcontratado para cubrir sus necesidades. Esta decisión debe estar basada en la habilidad de la compañía para manejar el transporte de manera rentable como también en la importancia estratégica del transporte para el éxito de la compañía. En general, la subcontratación es la mejor opción cuando los embarques son pequeños, mientras que la propiedad de una flotilla de transporte es la mejor opción cuando los embarques son grandes y la capacidad de respuesta es importante. Por ejemplo, Wal-Mart emplea un transporte con buena capacidad de respuesta para reducir los inventarios de su cadena. Dada la importancia del transporte para el éxito de su estrategia, Wal-Mart es propietaria de la flotilla de transporte y la administra ella misma. Esto es más fácil debido al hecho de que logra usar bien sus activos de transporte, ya que la mayoría de los embarques son grandes. En contraste, las compañías como W.W. Grainger y McMaster-Carr envían embarques pequeños a sus clientes; la administración del inventario en lugar del transporte es la clave de su éxito. Otro transportista puede reducir los costos para ellos al agregar sus embarques con los de otras compañías. Como resultado, ambas compañías utilizan transporte de terceros.

3. ***Usar la tecnología para mejorar el desempeño del transporte.*** Los gerentes deben utilizar la tecnología de la información para reducir los costos y mejorar la capacidad de respuesta en sus redes de transporte. El software ayuda a los gerentes a realizar la planeación del transporte, la selección del medio y la construcción de rutas de entrega y programas. La tecnología disponible permite a los transportistas identificar la ubicación precisa de cada vehículo como también de los embarques que transporta el vehículo. Los sistemas de comunicación satelital hacen posible que los transportistas se comuniquen con cada vehículo de su flotilla. Estas tecnologías les ayudan a disminuir los costos y tener una mejor capacidad de respuesta ante los cambios.

4. ***Flexibilidad en el diseño de la red de transporte.*** Al diseñar las redes de transporte, los gerentes deben tomar en consideración la incertidumbre de la demanda como también la disponibilidad del transporte. Ignorar la incertidumbre alienta un mayor uso de los medios de transporte de bajo costo e inflexibles que se desempeñan bien cuando todo marcha como se planeó. Sin embargo, tales redes tienen un desempeño deficiente cuando cambian los planes. Si los gerentes toman en cuenta la incertidumbre, es probable que incluyan medios de transporte flexibles, aunque costosos, dentro de su red. Aunque estos medios pueden ser más caros para un embarque en particular, incluirlos en las opciones de transporte permite a la compañía reducir el costo total de proporcionar un alto nivel de capacidad de respuesta.

13.10 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender el papel del transporte en la cadena de suministro.

   El transporte se refiere al movimiento de un producto de una ubicación a otra dentro de la cadena de suministro. La importancia del transporte ha aumentado con la creciente globalización en las cadenas de suministros, como también con el crecimiento del comercio electrónico, ya que ambas tendencias incrementan las distancias que el producto recorre. Las decisiones de transporte impactan la rentabilidad de la cadena e influyen en las decisiones relativas a los inventarios y las instalaciones dentro de la cadena.

2. Evaluar las fortalezas y debilidades de diferentes medios de transporte.

   Los medios de transporte incluyen agua, ferrocarril, intermodal, camión, aire, ductos y transportistas de paquetería. El agua es el medio menos caro pero también el más lento, mientras que el transporte por aire y los transportistas de paquetería son los más costosos y rápidos. El ferrocarril y el agua son más adecuados para embarques grandes de bajo valor que no necesitan moverse con rapidez. El aire y los transportistas de paquetería están mejor adecuados para embarques pequeños, de alto valor, de emergencia. Los transportistas intermodales y TL son más rápidos que el ferrocarril y el agua, pero son un poco más caros. Los transportistas LTL están mejor adecuados para pequeños embarques que son demasiado grandes para los transportistas de paquetería pero muy pequeños para un TL.

3. Analizar el papel de la infraestructura y las políticas en el transporte.

   La infraestructura, como los puertos, caminos y aeropuertos, tiene un impacto significativo en el transporte. Dada su naturaleza monopólica inherente, la mayor parte de la infraestructura de transporte requiere la propiedad o regulación pública. En el caso de la primera, el precio que se basa en el costo promedio favorece la sobreutilización y los congestionamientos. Es importante utilizar alguna forma de precio que tome en cuenta el congestionamiento y que obligue a los usuarios a internalizar el incremento en el costo de la red que ellos causan.

4. Identificar las fortalezas y debilidades relativas de varias opciones de diseño de las redes de transporte.

   Las redes se diseñan para hacer envíos directamente del origen al destino o para mover el producto por medio de un punto de consolidación. Los embarques directos son más efectivos cuando se mueven grandes cantidades. Cuando los embarques son pequeños, el uso de un almacén intermedio o CD disminuye los costos de transporte mediante la agregación de embarques pequeños aun cuando tarda más y es más complejo. También, los embarques pueden ser consolidados con un solo vehículo ya sea recogiendo o entregando en múltiples ubicaciones.

5. Identificar los equilibrios que los expedidores deben considerar al diseñar una red de transporte.
   Al diseñar las redes de transporte, los consignadores deben considerar los equilibrios entre el costo de transporte, el costo de inventario, el costo de operación y la capacidad de respuesta al cliente. La meta de la cadena de suministro es minimizar el costo total al tiempo que proporciona el nivel deseado de respuesta a los clientes.

Preguntas de discusión

1. ¿Qué medios de transporte son más adecuados para grandes embarques de bajo valor? ¿Por qué?
2. ¿Por qué es importante tomar en cuenta el congestionamiento al fijar el precio de uso de la infraestructura de transporte?
3. Wal-Mart diseña sus redes de manera que el CD brinde apoyo a varias tiendas detallistas grandes. Explique cómo la compañía puede utilizar tal red para reducir los costos de transporte mientras que los inventarios se reabastecen con frecuencia.
4. Compare los costos de transporte de un negocio electrónico como Amazon.com y un detallista como Home Depot cuando vende materiales para hacer mejoras en el hogar.
5. ¿Qué retos de transporte enfrenta Peapod? Compare los costos de transporte de los supermercados en línea y las cadenas de supermercados.
6. ¿Espera que la agregación de inventarios en una ubicación sea más efectiva cuando una compañía como Dell vende computadoras o cuando una compañía como Amazon.com vende libros?
7. Analice las principales directrices que pueden utilizarse para adaptar el transporte a la medida. ¿Cómo ayuda esta adaptación?

Ejercicios

1. Una planta eléctrica en California utiliza carbón a una tasa de 100,000 libras por día. También utiliza material MRO a una tasa de 1,000 libras por día. El carbón llega de Wyoming y el material MRO viene de Chicago. El carbón cuesta 0.01 dólares por libra, mientras que el material de MRO cuesta 10 dólares por libra, en promedio. Los costos de mantener inventario en la planta eléctrica son de 25%. Las opciones de transporte disponibles son las siguientes:

   Tren
   Tiempo de espera = 15 días
   Cargamento (100,000 libras) a 400 dólares por carga
   Tren completo (79 vagones) a 15,000 dólares por tren

   Camión
   Tiempo de espera = 4 días
   Costo mínimo = 100 dólares
   Hasta 10,000 libras a 0.08 dólares por libra
   Entre 10,000 y 20,000 libras a 0.07 dólares por libra por carga completa
   Entre 25,000 y 40,000 libras a 0.06 dólares por libra por carga completa
   TL pequeño (40,000 libras) por 2,000 dólares
   TL grande (60,000 libras) por 2,600 dólares

   El inventario de seguridad de carbón y de materiales de MRO se mantiene al doble del consumo durante el tiempo de espera de reabastecimiento. ¿Qué medio de transporte recomendaría para cada uno de los dos productos? ¿Por qué?
2. Books-On-Line, una librería en línea, cobra a sus clientes un cargo por envío de 4 dólares por el primer libro y 1 dólar por cada libro adicional. El pedido promedio del cliente incluye cuatro libros. En la actualidad, Books-On-Line divide a Estados Unidos en tres zonas: Oeste, Central y Este. El costo en el que incurre Books-On-Line por pedido del cliente (promedio de cuatro libros) es de 2 dólares dentro de la misma zona, 3 dólares entre zonas adyacentes y 4 dólares entre zonas no adyacentes.

La demanda semanal de cada zona es independiente y está distribuida normalmente, con una media de 50,000 y una desviación estándar de 25,000. Cada libro cuesta en promedio 10 dólares y el costo de mantener inventario en que incurre Books-On-Line es de 25%. También reabastece su inventario cada semana y busca 99.7% de CSL. Suponga un tiempo de espera de reabastecimiento de una semana.

Un almacén está diseñado para mantener 50% más que el pedido de reabastecimiento + inventario de seguridad. El costo fijo del almacén es de $200,000 + x$, donde x es la capacidad en libros. El costo de operación semanal del almacén es de 0.01y$, donde y es el número de libros enviados. Books-On-Line está planeando su estrategia para la red. ¿En qué zonas debe haber almacenes? Detalle todos los costos involucrados.

3. Un fabricante europeo de muebles industriales tiene una fábrica que se localiza en Munich y cuatro almacenes en Europa Occidental. Los almacenes recolectan los pedidos de los clientes, los cuales se envían desde la fábrica. Una vez recibidos, el almacén distribuye los pedidos de los clientes utilizando camiones pequeños. La demanda diaria de los cuatro almacenes junto con la distancia desde Munich es la que se muestra a continuación:

Almacén	*Demanda diaria (Kg.)*	*Distancia (km)*
Milán	25,000	800
París	35,000	1,000
Copenhague	20,000	600
Madrid	20,000	1,300

Todos los embarques son por camión. Los camiones son de tres tamaños, con capacidad de 40,000 (pequeño), 60,000 (mediano) y 80,000 (grande). Los costos de transporte para los tres tipos de camiones son:

Pequeño: $100 + 0.1x$ euros
Mediano: $125 + 0.1x$ euros
Grande: $150 + 0.1x$ euros

donde x es la distancia que se recorrerá en kilómetros. La frecuencia de resurtido varía entre uno y cuatro días para cada almacén, identifique la opción óptima de transporte y el costo asociado. ¿Qué otros factores deben considerarse antes de decidir la frecuencia de resurtido?

Bibliografía

Ampuja, Jack y Ray Pucci, "Inbound Freight: Often a Missed Opportunity", *Supply Chain Management Review,* marzo-abril de 2002, pp. 50-57.

Ballou, Ronald H., *Business Logistics Management,* Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1999.

Bowersox, Donald J., David J. Closs y Omar K. Helferich, *Logistical Management,* Nueva York, Macmillan, 1986.

Button, Kenneth J. y Erik T. Verhoef, *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment,* Northampton, MA, Edward Elgar, 1998.

Coyle, John J., Edward J. Bardi y Robert A. Novack, *Transportation,* Cincinnati, OH, South-Western College Publishing, 2000.

Ellison, Anthony P., *Entrepreneurs and the Transformation of the Global Economy*, Northampton, MA, Edward Elgar, 2002.

Hammond, Janice H. y John E. P. Morrison, *Note on the U.S. Transportation Industry*, Harvard Business School, Nota 688080, 1988.

Levinson, David M., "Road Pricing in Practice", en *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment*, Kenneth J. Button y Robert A. Novack (eds.), Northampton, MA, Edgar Elgar, 1998.

Robeson, J. F. y W. C. Copacino, *The Logistics Handbook*, Nueva York, The Free Press, 1994.

Shapiro, R. D. y J. L. Heskett, *Logistics Strategy: Cases and Concepts*, St. Paul, MN, West, 1985.

Transportation in America 1998, Washington, DC, Eno Transportation Foundation, 1998.

Tyworth, J. E., J. L. Cavinato y C. J. Langley, Jr., *Traffic Management: Planning, Operations, and Control*, Prospect Heights, IL, Waveland, 1991.

PARTE VI

ADMINISTRACIÓN DE LAS DIRECTRICES INTERFUNCIONALES EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

La meta de los capítulos de la parte VI es pasar del análisis del impacto de las directrices logísticas tradicionales del desempeño de la cadena de suministro (instalaciones, inventario y transporte) a los directrices interfuncionales del abastecimiento, precio e información. Estas directrices cobraron mayor importancia a lo largo de la década pasada y constituyen un punto de diferenciación entre la administración de la cadena y la logística.

El capítulo 14 se enfoca en las estrategias de abastecimiento que una compañía puede adoptar, empezando por cómo tomar la decisión de subcontratar (outsourcing) una actividad o desarrollarla internamente. Se analiza un ciclo completo de acciones, desde el diseño del producto hasta los procedimientos de abastecimiento estables. Además, se presenta un marco de referencia para calificar y seleccionar a los proveedores, contratarlos y abastecerse de ellos.

El capítulo 15 analiza el papel de los precios y la administración de los ingresos en la maximización de la rentabilidad de los activos de la cadena de suministro. Se analizan las condiciones en que es aplicable la administración de los ingresos y, en cada caso, se identifican los equilibrios básicos.

El capítulo 16 analiza el impacto de la tecnología de la información en el éxito de la cadena de suministro. Se presenta un marco de referencia para describir las generalidades del software empresarial y el papel que desempeña cada tipo de sistema al diseñar, planear y operar una cadena de suministro.

El capítulo 17 trata sobre la coordinación de la cadena de suministro, que más que una directriz en sí misma es algo que muchas directrices tratan de crear. La coordinación ayuda a asegurar que cada parte de la cadena de suministro lleve a cabo acciones que incrementen las utilidades de la cadena y eviten las que mejoran las utilidades locales pero merman las utilidades totales. Analizamos cómo la ausencia de coordinación entre los diferentes miembros de la cadena puede propiciar un mal desempeño, incluso cuando cada etapa está haciendo su mejor esfuerzo, dados sus propios objetivos. Se describe el efecto de látigo y se identifican las principales causas de este fenómeno. Las ideas analizadas en los capítulos anteriores se conjuntan para identificar las acciones administrativas que pueden ayudar a amortiguar el efecto de látigo y lograr la coordinación.

CAPÍTULO 14

DECISIONES DE APROVISIONAMIENTO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender el papel del aprovisionamiento en la cadena de suministro.
2. Analizar los factores que afectan la decisión de subcontratar (outsource) una función de la cadena.
3. Identificar las dimensiones del desempeño del proveedor que afectan el costo total.
4. Estructurar subastas y negociaciones exitosas.
5. Describir la función de los contratos de abastecimiento y su impacto en el desempeño del proveedor y la distorsión de la información.
6. Catalogar los productos y servicios comprados e identificar el enfoque deseado del abastecimiento en cada caso.

14.1 PAPEL DEL APROVISIONAMIENTO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Las compras, también llamadas abastecimiento, son el proceso mediante el cual las compañías adquieren materias primas (commodities), componentes, productos, servicios u otros recursos de los proveedores para ejecutar sus operaciones. El aprovisionamiento es todo un conjunto de procesos empresariales requeridos para comprar bienes y servicios. Para cualquier función de la cadena de suministro, la decisión más significativa es si subcontratar la función o realizarla de manera interna. La *subcontratación* (*outsourcing*) da como resultado que la función de la cadena sea llevada a cabo por un tercero. Es también uno de los temas más importantes que enfrenta la empresa, y las acciones al respecto tienden a variar según la industria. Por ejemplo, W.W. Grainger, un distribuidor de MRO, consistentemente ha sido propietario y administrador de sus centros de distribución. En contraste, el transporte saliente de los paquetes, de los centros de distribución a los clientes, ha sido subcontratado con un tercero. En el transporte saliente LTL (*Less-Than-Truckload*, menos de un camión completo), Grainger está pasando de un escenario en el cual todo se subcontrata con un tercero a un modelo híbrido en el cual Grainger es dueño de algunos camiones. ¿Qué factores explican las decisiones de Grainger? A Dell se le reconoce haber mejorado las utilidades al mantener la operación detallista dentro de la empresa y vender de manera directa a los clientes. Por el otro lado, Procter & Gamble (P&G) nunca ha tratado de vender detergente directamente a los clientes y nadie pide que realice internamente la operación detallista. ¿Qué hace que una integración vertical en la venta al detalle sea buena idea para Dell, pero mala para P&G? Motorola utiliza un distribuidor para la venta de sus teléfonos celulares en gran parte de América Latina; sin embargo, en Estados Unidos no es así. ¿Por qué el outsourcing de la distribución de Motorola es benéfico en América Latina y no así en Estados Unidos?

Antes de continuar, es importante aclarar la distinción entre el outsourcing y el off-shoring. El término *off-shoring* se usa cuando una compañía mantiene la propiedad de una función de la cadena de suministro, pero traslada sus instalaciones de producción al extranjero (offshore).

En contraste, en el *outsourcing,* una compañía subcontrata una empresa externa para realizar la operación en lugar de ejecutarla dentro de la compañía. En este capítulo, hacemos hincapié en el tema del outsourcing (subcontratación) en lugar del off-shoring. Abordamos el outsourcing de las actividades de la cadena de suministro con base en las siguientes dos preguntas:

1. ¿Incrementará un tercero el superávit de la cadena en relación con realizar la actividad internamente?
2. ¿En qué medida aumentan los riesgos debido al outsourcing?

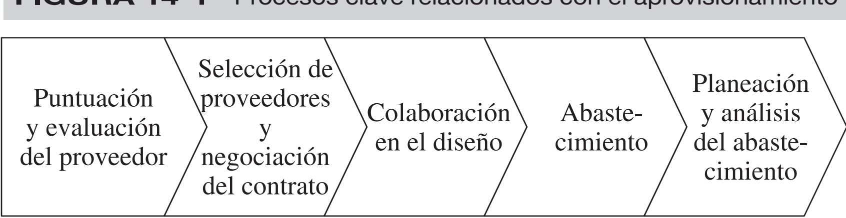
Recordemos que el superávit de la cadena de suministro es la diferencia entre el valor del producto para el cliente y el costo total de las actividades de la cadena que intervienen para llevar el producto al cliente. El superávit es el tamaño total del pastel que comparten todos los participantes de la cadena (incluido el cliente). Nuestra premisa básica es que el outsourcing tiene sentido si incrementa el superávit de la cadena de suministro sin afectar significativamente los riesgos. Profundizamos y sostenemos que un participante de la cadena puede sobrevivir en el largo plazo sólo si su presencia incrementa el superávit de la cadena. Así pues, se puede sostener que la utilidad de cada una de las partes que intervienen en la cadena está correlacionada con la medida en la cual incrementa el superávit.

Una vez que se ha tomado la decisión de subcontratar, los procesos de aprovisionamiento incluyen la selección de los proveedores, el diseño de los contratos de los proveedores, la colaboración en el diseño del producto, el abastecimiento de materiales o servicios y la evaluación del desempeño de los proveedores, como se muestra en la figura 14-1.

Puntuación y evaluación del proveedor es el proceso empleado para calificar el desempeño de los proveedores. Los proveedores deben compararse con base en su impacto en el superávit de la cadena y el costo total. Desafortunadamente, las decisiones de aprovisionamiento suelen tomarse solamente con base en el precio cobrado por un proveedor. Otras características del proveedor, como el tiempo de espera, confiabilidad, calidad y capacidad de diseño, también afectan el costo total de hacer negocios con él. Un buen proceso de puntuación y evaluación del proveedor debe identificar y seguir el desempeño en todas las dimensiones que afectan el costo total de utilizar un proveedor. En la *selección del proveedor* se utiliza el resultado de la puntuación y evaluación para identificar al más adecuado. Entonces, se negocia un contrato de abastecimiento con éste. Un buen contrato debe tomar en cuenta todos los factores que afectan el desempeño de la cadena y diseñarse para incrementar las utilidades de la cadena de una manera que beneficie tanto al proveedor como al comprador.

Dado que alrededor de 80% del costo de un producto se determina durante el diseño, es crucial que los proveedores participen activamente en esta etapa. La *colaboración en el diseño* permite al proveedor y al fabricante trabajar juntos en el diseño de los componentes del producto final. La colaboración en el diseño asegura también que cualquier cambio en el diseño sea comunicado de manera efectiva a todas las partes que intervienen en el diseño y fabricación del producto. Una vez que el producto ha sido diseñado, sigue el *abastecimiento*, que es el proceso por el cual el proveedor envía el producto en respuesta a los pedidos colocados por el comprador. La meta del abastecimiento es permitir que los pedidos se coloquen y entreguen según lo previsto al costo total más bajo posible. Por ultimo, el papel de la *planeación y análisis del aprovisionamiento* es analizar varios proveedores y categorías de componentes para identificar oportunidades para reducir el costo total.

FIGURA 14-1 Procesos clave relacionados con el aprovisionamiento



El costo de los bienes vendidos (COGS, por sus siglas en inglés) representa más de 50% de las ventas para la mayoría de los fabricantes. Dentro del COGS, las partes compradas constituyen una fracción más grande de la que representaban en décadas pasadas. Este cambio se debe a que las compañías han reducido la integración vertical y subcontratan la fabricación de muchos de sus componentes. Las compañías como Cisco han ido más lejos y también han subcontratado una fracción significativa de la capacidad de ensamblaje. Puesto que hay más presión para que las empresas logren costos más bajos y la participación de los proveedores en el COGS va en aumento, las buenas decisiones de aprovisionamiento tienen un impacto mayor en el liderazgo en costos y la ventaja competitiva que disfruta la empresa.

Los procesos efectivos de aprovisionamiento dentro de la compañía pueden mejorar tanto las utilidades de la misma como el superávit total de la cadena de muchas maneras. Es importante que las directrices de las utilidades mejoradas estén claramente identificadas al tomar las decisiones. Algunos de los beneficios de las decisiones efectivos de aprovisionamiento son los siguientes:

- Se pueden lograr mejores economías de escala si se agregan los pedidos dentro de la compañía.
- Las transacciones de abastecimiento más eficientes pueden reducir significativamente el costo total de las compras. Esto es muy importante para artículos con los cuales se realiza un gran número de transacciones de bajo valor.
- La colaboración en el diseño da por resultado productos que son más fáciles de fabricar y distribuir, lo que redunda en costos más bajos. Este factor es muy importante para los productos del proveedor que contribuyen de manera significativa al costo y valor del producto.
- Los buenos procesos de abastecimiento facilitan la coordinación con el proveedor y mejoran el pronóstico y la planeación. Una mejor coordinación disminuye los inventarios y mejora el ajuste entre la oferta y la demanda.
- Los contratos adecuados con el proveedor pueden permitir que se comparta el riesgo, lo que propicia mayores utilidades tanto para el proveedor como para el comprador.
- Las compañías pueden lograr un precio de compra más bajo al incrementar la competencia por medio de las subastas.

Al diseñar una estrategia de aprovisionamiento, es importante que la compañía tenga claro los factores que más influyen en el desempeño y en el mejoramiento que se desea alcanzar en esas áreas. Por ejemplo, si la mayor parte del gasto se realiza en materiales con sólo unas pocas transacciones de alto valor, mejorar la eficiencia de las transacciones de abastecimiento proporcionará poco valor, mientras que mejorar la colaboración en el diseño y la coordinación con el proveedor ofrecerá un valor significativo. En contraste, cuando se adquieren artículos con muchas transacciones de bajo valor, será muy valioso aumentar la eficiencia de las transacciones de abastecimiento.

En la siguiente sección analizamos los factores que influyen en la decisión de subcontratar (outsourcing).

14.2 ACTIVIDAD INTERNA O SUBCONTRATACIÓN

La decisión de subcontratar se basa en el crecimiento del superávit de la cadena de suministro proporcionado por un tercero y el incremento en el riesgo que se corre al incorporar a un tercero. La compañía debe considerar la subcontratación si el crecimiento en el superávit es mayor con un pequeño incremento en el riesgo. Desarrollar la función de manera interna es preferible si el crecimiento del superávit es pequeño o el incremento en el riesgo es muy grande.

DE QUÉ MANERA LOS TERCEROS INCREMENTAN EL SUPERÁVIT DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Los terceros aumentan el superávit de la cadena de suministro ya sea incrementando el valor para el cliente o disminuyendo el costo de la cadena de suministro en comparación con que la

empresa lleve a cabo la tarea de manera interna. Los terceros pueden incrementar el superávit de manera eficaz si son capaces de agregar los activos de la cadena o los flujos a un nivel más alto que la propia compañía. Analizamos varios mecanismos que los terceros pueden utilizar para hacer crecer el superávit.

1. ***Agregación de la capacidad.*** Un tercero puede incrementar el superávit de la cadena mediante la agregación de la demanda de muchas compañías y logrando economías de escala en la producción que una sola compañía no lograría por cuenta propia. Ésta es la razón más común por la que la producción de la cadena se subcontrata. Una de las razones por las que Dell subcontrata el diseño y la producción de los procesadores de sus computadoras personales a Intel es que éste provee a muchos fabricantes de computadoras, logrando economías de escala que no estarían disponibles para Dell si este último diseñara y produjera sus propios procesadores. El crecimiento en el superávit generado por la subcontratación es más alto cuando las necesidades de la compañía son significativamente menores que los volúmenes requeridos para lograr economías de escala. Un buen ejemplo en este contexto es Magna Steyr, un tercero que se ha hecho cargo del ensamblaje de automóviles de varios fabricantes. Magna Steyr ha desarrollado capacidad y mano de obra muy flexibles que le permiten producir económicamente automóviles que se venden en bajos volúmenes. Produce el X3 para BMW, el clase G de Mercedes y el Grand Cherokee de Chrysler. En cada caso, los modelos tienen un volumen de demanda relativamente bajo. Cada compañía no sería capaz de obtener las suficientes economías de escala para ensamblar su modelo. Existe un costo para esta flexibilidad que no puede justificarse con base en un solo modelo, pero Magna Steyr lo logra atendiendo a muchas compañías automotrices. Es improbable que un tercero incremente el superávit a través de la agregación de la capacidad, si los requerimientos de volumen de una compañía son grandes y estables. Esto se corrobora por el hecho de que ningún fabricante de automóviles subcontrata la producción de sus mejores autos a un tercero.

2. ***Agregación del inventario.*** Un tercero puede incrementar el superávit de la cadena mediante la agregación de los inventarios de varios clientes. W.W. Grainger y McMaster-Carr son proveedores de suministros MRO que proporcionan valor principalmente al agregar inventarios para cientos de miles de clientes. La agregación les permite disminuir significativamente toda la incertidumbre y mejorar las economías de escala en las compras y el transporte. Como resultado, estos distribuidores de MRO mantienen inventarios de ciclo y de seguridad considerablemente menores que lo que se requeriría si cada cliente decidiera llevar el inventario por su propia cuenta. Otro ejemplo de agregación de inventarios es Brightstar, un distribuidor que facilita el aplazamiento de la diferenciación de teléfonos celulares. Éstos son fabricados en el Lejano Oriente y son enviados al almacén de Brightstar en Miami, donde se les agrega software y accesorios conforme llegan los pedidos de los clientes de América del Sur. La alta variedad de productos y muchos clientes pequeños permiten a Brightstar incrementar el superávit de la cadena a través de la agregación de inventarios y el aplazamiento de la diferenciación. El tercero que lleva a cabo la agregación de inventarios contribuye en mayor medida al superávit de la cadena cuando la demanda de los clientes se encuentra fragmentada y es incierta. Cuando la demanda es grande y predecible, un intermediario agrega poco al superávit al mantener inventario. La consolidación de la venta al detalle y la resultante escala y previsibilidad de la demanda explican por qué los distribuidores desempeñan un papel más pequeño en Estados Unidos en comparación con los países en vías de desarrollo.

3. ***Agregación del transporte por intermediarios de transporte.*** Un tercero puede incrementar el superávit mediante la agregación de la función de transporte en niveles superiores de lo que podría hacer cualquier expedidor por cuenta propia. UPS, FedEx y una gran cantidad de transportistas LTL son ejemplos de intermediarios de transporte que incrementan el superávit de la cadena mediante la agregación del transporte de una variedad de expedidores. El valor proporcionado en cada caso depende de las economías de escala inherentes al transporte. Cada expedidor quiere enviar menos de la capacidad del medio de transporte. El intermediario agrega los embarques de múltiples expedidores y, por tanto, reduce el costo de cada embarque por debajo de lo que podría lograr cada expedidor por sí mismo. El intermediario incrementa el superávit

de la cadena cuando los expedidores envían paquetes o cantidades LTL a los clientes que están geográficamente distribuidos. El intermediario de transporte también puede incrementar el superávit de los embarques TL agregando los viajes de regreso con carga (backhauls) a un nivel superior al que podría alcanzar el expedidor. Esto es particularmente cierto si los flujos de transporte del expedidor se encuentran altamente desbalanceados, habiendo una gran diferencia entre la cantidad que llega a la región y la que sale de ésta. Un excelente ejemplo de un intermediario de transporte que aumenta el superávit de la cadena es un programa piloto en el que participan DaimlerChrysler y Ford. Exel, un tercero logístico (3PL), operaba una flotilla dedicada a la distribución de partes de repuesto de Chrysler. En pruebas en Michigan y México, Ford agregó sus propias partes para camión a fin de que fueran entregadas en la misma flotilla. Dada la densidad relativamente baja de los distribuidores en el norte de Michigan y México (fuera de la ciudad de México), la agregación proporcionada por Exel fue benéfica tanto para Ford como para DaimlerChrysler. Probablemente el intermediario agregue lo mínimo al superávit de la cadena en el caso de una compañía como Wal-Mart, cuyos embarques son de gran tamaño, además de que logra la agregación de todas sus tiendas detallistas. La única posibilidad que tendría un intermediario de transporte en tal esquema sería obtener mejores viajes de regreso con carga que Wal-Mart.

4. ***Agregación del transporte por intermediarios de almacenamiento.*** Un tercero que almacena también puede incrementar el superávit de la cadena mediante la agregación del transporte entrante y saliente. Por ejemplo, los intermediarios de almacenamiento como W.W. Grainger y McMaster-Carr almacenan productos de más de mil fabricantes cada uno y venden a cientos de miles de clientes. Del lado entrante, pueden agregar los embarques de varios fabricantes en un solo camión. Esto da por resultado un costo de transporte menor del que cada fabricante podría lograr de manera independiente. Del lado de la salida, agregan los paquetes para clientes en un destino común, lo que da como resultado un costo de transporte significativamente más bajo del que cada cliente podría lograr por separado. Por ejemplo, el centro de distribución de Chicago de Grainger surte camiones por separado con paquetes destinados a cada estado adyacente. Tan pronto como se llena un camión destinado a Michigan (por ejemplo), se envía a una instalación de clasificación de UPS en Michigan. Este nivel de agregación no puede lograrse por cuenta propia de los clientes. Por tanto, el almacenaje de los bienes de Grainger y McMaster-Carr aumenta el superávit de la cadena al agregar el transporte entrante y saliente. Un servicio similar es proporcionado por los distribuidores en países como la India. Dado el tamaño pequeño de las tiendas detallistas, el distribuidor agrega las entregas de varios fabricantes, reduciendo significativamente el costo del transporte saliente. Esta forma de agregación es más efectiva si el intermediario almacena los productos de muchos proveedores y atiende a muchos clientes que ordenan en pequeñas cantidades. Esta forma de agregación se vuelve menos efectiva conforme crece la escala del embarque de un proveedor a un cliente. Esto se observa en la disminución del uso de distribuidores por parte de las cadenas de productos de consumo de Estados Unidos. En general, los supermercados se entregan a sí mismos camiones repletos, razón por la cual no necesitan de un distribuidor que haga una agregación adicional.

5. ***Agregación de almacenaje.*** Un tercero puede incrementar el superávit de la cadena agregando las necesidades de almacenaje de varios clientes. El incremento en el superávit se logra disminuyendo tanto los costos de los bienes inmuebles como los costos de procesamiento dentro del almacén. Los ahorros derivados de la agregación del almacenaje surgen si las necesidades de almacenaje de un proveedor son pequeñas o si fluctúan con el tiempo. En cualquier caso, el intermediario con el almacén puede explotar las economías de escala con la construcción y operación de un almacén mediante la agregación de múltiples clientes. Un ejemplo es Safexpress, un proveedor logístico en la India. Safexpress tiene almacenes distribuidos a lo largo del país que pone a disposición de muchos de sus clientes que no tienen grandes necesidades de almacenaje como para tener un almacén propio en cada región. La agregación de almacenaje por un intermediario aporta mucho al superávit de los proveedores pequeños y las compañías que inician operaciones en una ubicación geográfica. Es poco probable que la agregación de almacenaje aporte mucho al superávit a un gran proveedor o cliente cuyas necesidades

de almacenaje son relativamente estables a través del tiempo. Por ejemplo, las necesidades de almacenaje de Wal-Mart y Grainger son suficientemente grandes y estables para justificar tener sus propios almacenes, de manera que es poco probable que un tercero incremente el superávit.

6. *Agregación de abastecimiento.* Un tercero incrementa el superávit de la cadena si agrega el abastecimiento de muchos participantes pequeños y facilita las economías de escala en la producción y transporte entrante. La agregación de abastecimiento es más efectiva entre muchos pequeños compradores. Un buen ejemplo es FleetXchange, una compañía que ofrece precios bajos a flotillas pequeñas de camiones por equipo y servicios de camiones a través de la compra agregada. Es improbable que la agregación del abastecimiento sea un factor importante en una situación con pocos clientes grandes. Por ejemplo, los fabricantes por contrato en la industria electrónica no han convencido a sus grandes clientes, como HP y Motorola, de que subcontraten la función de abastecimiento. Ambas empresas son tan grandes que obtendrían muy poco beneficio marginal de más agregación, en tanto que existe la desventaja potencial de que podrían ceder la relación con el proveedor al fabricante por contrato si subcontratan el abastecimiento. Sin embargo, para las compañías pequeñas de electrónica, la agregación de abastecimiento ofrecida por un fabricante por contrato podría aumentar significativamente el superávit de la cadena de suministro.

7. *Agregación de la información.* Un tercero puede incrementar el superávit mediante la agregación de la información a un nivel más alto que el logrado por una compañía que lleva a cabo la función de manera interna. Todos los detallistas agregan la información sobre los productos de muchos fabricantes en una sola ubicación. Esta agregación de la información reduce los costos de búsqueda para los clientes. eBags es un ejemplo de un detallista que proporciona sobre todo agregación de la información, y prácticamente nada más. eBags mantiene muy poco inventario, pero es un punto único de exhibición de la información sobre bolsas de muchos fabricantes. Mediante la agregación de la información de productos, eBags reduce significativamente los costos de búsqueda para el cliente en línea. En relación con eBags, si cada fabricante estableciera su propio sitio Web y tienda en línea, los costos de búsqueda para el consumidor serían muy altos y cada fabricante tendría que invertir en la infraestructura informática. Por este motivo, eBags incrementa el superávit de la cadena por medio de la agregación de la información haciendo la búsqueda más barata y reduciendo la inversión en tecnología de la información. Otros dos ejemplos de agregación de la información son W.W. Grainger y McMaster-Carr. Ambos proporcionan un catálogo de productos y un sitio Web bien detallado. Esto simplifica la búsqueda para el cliente y agrega información de productos de más de mil fabricantes. Otro ejemplo excelente de agregación de la información lo proporcionan los diversos sitios en línea, como America's Loads On-Line, que reúne a los expedidores y transportistas que buscan viajes de regreso con carga. La agregación de la información reduce los costos de búsqueda y permite ajustar mejor la oferta de los transportistas a la demanda de embarques. La agregación de la información incrementa el superávit si tanto los compradores como los vendedores están fragmentados y realizan compras de manera esporádica. Es poco probable que la agregación de la información sea un factor importante para un fabricante de autos que regularmente compra acero a un solo proveedor.

8. *Agregación de cuentas por cobrar.* Un tercero puede aumentar el superávit de la cadena si puede agregar el riesgo de las cuentas por cobrar a un nivel más alto que la compañía o si tiene un costo de cobranza más bajo que el de ésta. Brightstar es un distribuidor de Motorola en la mayoría de los países latinoamericanos, sin contar a Brasil. Los teléfonos celulares en el área se venden a través de pequeñas tiendas detallistas independientes. La cobranza de las cuentas de cada detallista es una proposición muy costosa para el fabricante. Dado que el detallista compra a muchos fabricantes, se reduce el poder que cada uno de ellos tiene para cobrar. Brightstar, como distribuidor, puede agregar la cobranza de todos los fabricantes (que atiende), reduciendo el costo de cobranza. Al agregar la cobranza en un grado mayor del que lo puede hacer cualquier fabricante, Brightstar también disminuye el riesgo de incumplimiento. La reducción en el

costo de la cobranza y el riesgo permite a Brightstar incrementar el superávit de la cadena en relación con que los fabricantes lleven a cabo dicha actividad. Lo mismo aplica a los distribuidores en la India que suelen distribuir productos de un gran número de fabricantes a un mismo detallista. Dada su capacidad de agregar muchos fabricantes y pequeños detallistas, los distribuidores en la India asumen la responsabilidad de administrar las cuentas por cobrar a los detallistas. La agregación de las cuentas por cobrar es probable que incremente el superávit de la cadena, si los detallistas son pequeños y numerosos y cada tienda almacena productos de muchos fabricantes que son atendidos por el mismo distribuidor. Tal escenario es más probable en los países en vías de desarrollo, donde la venta al detalle está fragmentada. Es menos probable en países desarrollados como Estados Unidos y la mayor parte de Europa Occidental, donde la venta al detalle está consolidada.

9. ***Agregación de relaciones.*** Un intermediario puede incrementar el superávit de la cadena de suministro al disminuir el número de relaciones necesarias entre múltiples compradores y vendedores. Sin un intermediario que conecte a miles de vendedores con millones de compradores es necesario tener mil millones de relaciones. La presencia de un intermediario disminuye el número de relaciones necesarias a sólo un millón. La mayoría de los detallistas y distribuidores de MRO, como W.W. Grainger, mejoran el superávit de su cadena a través de la agregación de relaciones. Ésta incrementa el superávit al aumentar el tamaño de cada transacción y disminuir su número. Además, es más efectiva cuando muchos compradores compran esporádicamente cantidades pequeñas en una sola vez, pero cada pedido suele incluir productos de múltiples proveedores. Por tanto, Grainger puede incrementar el superávit agregando las relaciones para los productos MRO. Sin embargo, un tercero no aumenta el superávit agregando las relaciones entre pocos compradores y vendedores cuando las relaciones son fuertes y a largo plazo. Por ejemplo, Covisint falló en su intento de volverse un agregador de las relaciones en la industria automotriz, especialmente para materiales directos.

10. ***Costos más bajos y calidad más alta.*** Un tercero puede incrementar el superávit de la cadena si proporciona un costo más bajo o una calidad más alta en relación con la compañía. Si estos beneficios vienen de la especialización y el aprendizaje, es probable que sean sostenibles durante un largo plazo. Es probable que un tercero especializado que está más avanzado en la curva de aprendizaje de alguna actividad de la cadena mantenga su ventaja durante un largo plazo. Sin embargo, un escenario común es cuando el tercero tiene una ubicación de costo bajo que la compañía no tiene. En tal situación, los costos inferiores de mano de obra y generales son razones temporales para la subcontratación, ya que si el diferencial de los salarios es persistente y el tercero no ofrece ninguna de las otras ventajas analizadas con anterioridad, es mejor para la compañía mantener la propiedad y trasladar la producción al extranjero (off-shore) a una ubicación de menor costo.

PUNTO CLAVE Un tercero puede ser capaz de proporcionar un crecimiento sostenible del superávit mediante la agregación a un nivel más alto que la misma compañía. El crecimiento en el superávit surge de agregar la capacidad, el inventario, el transporte entrante o saliente, el almacenaje, el abastecimiento, la información, las cuentas por cobrar o las relaciones a un nivel que la compañía no puede por cuenta propia. El aumento en el superávit también puede ocurrir si el tercero tiene costos más bajos o calidad superior debido a la especialización o aprendizaje.

Tres factores importantes que afectan el incremento en el superávit que proporciona un tercero son: escala, incertidumbre y especificidad de los activos. Si la escala es grande, es muy probable que la propia compañía logre economías de escala internas suficientes. En este caso, es muy poco probable que un tercero logre ir más lejos con las economías de escala e incrementar el superávit. Wal-Mart tiene una escala suficiente en términos de sus necesidades de transporte de manera que por sí misma logra economías de escala realizando el transporte por su cuenta. Acudir a un tercero no incrementaría el superávit y daría por resultado cierta pérdida de control. En contraste, si las necesidades de una compañía no proporcionan suficientes

economías de escala, el tercero puede incrementar el superávit en gran medida. Los paquetes salientes de Grainger, aun cuando la empresa tiene una gran cantidad de envíos, están distribuidos de manera geográfica y Grainger no podría lograr economías de escala en las entregas a domicilio. Un transportista de paquetería aumenta el superávit en este caso.

El segundo factor importante es la incertidumbre de las necesidades de la compañía. Si éstas son predecibles, el incremento en el superávit que produce un tercero es limitado, especialmente si la compañía tiene escala suficiente. Por el contrario, si las necesidades de la compañía son altamente variables con el tiempo, el tercero puede incrementar el superávit a través de la agregación con otros clientes. Por ejemplo, Grainger tiene necesidades predecibles en términos de espacio de almacenamiento requerido. Dada una escala suficiente, tiene y opera sus propios centros de distribución. Por el contrario, la mayoría de las compañías tienen demanda muy incierta de productos MRO, por lo que prefieren no mantener estos artículos en inventario y utilizar a Grainger como intermediario.

Por último, el crecimiento en el superávit esta influenciado por la especificidad de los activos requeridos por un tercero. Si éstos son específicos de la compañía y no pueden ser empleados por otros, es muy poco probable que el tercero incremente el superávit ya que todo lo que hace es mover los activos de una compañía a otra. El tercero no tiene oportunidad de agregar a todos los clientes. Por ejemplo, si el distribuidor mantiene inventario que es específico de un cliente, el distribuidor no puede agregarlo a un nivel más alto que el cliente. La presencia del distribuidor no incrementa el superávit en este caso. De igual manera, si un tercero logístico administra un almacén exclusivamente para una compañía, tiene pocas oportunidades de aumentar el superávit a menos que agregue el uso de los sistemas de administración o información con otros almacenes. En contraste, si los activos (inventario o almacenes de los ejemplos previos) son menos específicos y pueden ser utilizados en muchas compañías, el tercero puede incrementar el superávit al agregar la incertidumbre entre muchos clientes o mejorar las economías de escala. La discusión anterior sobre cómo y cuándo un tercero puede incrementar el superávit de la cadena se resume en la tabla 14-1.

PUNTO CLAVE Una compañía obtiene más al subcontratar (outsourcing) a un tercero si sus necesidades son pequeñas, altamente inciertas y si las comparte con otras compañías que subcontratan al mismo tercero.

RIESGOS DE UTILIZAR UN TERCERO

Las compañías deben evaluar los siguientes riesgos al asignar cualquier función a un tercero.

1. ***El proceso tiene un defecto.*** Los mayores problemas surgen cuando la compañía subcontrata las funciones de la cadena simplemente porque ha perdido el control del proceso. Tenga en mente que introducir a un tercero dentro de un proceso defectuoso de la cadena sólo lo empeora

TABLA 14-1 Crecimiento en el superávit que genera un tercero como función de la escala, incertidumbre y especificidad

		Especificidad de los activos relacionados con la función	
		Baja	***Alta***
Escala de la compañía	Baja	Crecimiento alto en el superávit	Crecimiento bajo-medio en el superávit
	Alta	Crecimiento bajo en el superávit	Sin crecimiento en el superávit
Incertidumbre de la demanda para la compañía	Baja	Crecimiento bajo-medio en el superávit	Crecimiento bajo en el superávit
	Alta	Crecimiento alto en el superávit	Crecimiento bajo-medio en el superávit

y lo hace más difícil de controlar. El primer paso debe ser controlar el proceso, luego hacer un análisis costo-beneficio y entonces decidir sobre la subcontratación (outsourcing).

2. *Subestimar el costo de la coordinación.* Un error frecuente al subcontratar es subestimar el esfuerzo necesario para coordinar las actividades entre múltiples entidades que llevan a cabo tareas de la cadena. Esto es especialmente cierto si la compañía planea subcontratar funciones específicas de la cadena a terceros diferentes. Subcontratar las funciones a muchos terceros es factible (y puede ser muy efectivo) si la compañía considera que ser un coordinador es una de sus fortalezas centrales. Un buen ejemplo de un coordinador fuerte es Cisco. Sin embargo, incluso Cisco tuvo problemas a principios del siglo XXI, pues se quedó con mucho inventario excedente debido a problemas de coordinación. Un ejemplo donde la coordinación causó problemas fue en 2000, entre Nike e i2 Technologies. El primero culpaba de la pérdida de 100 millones de dólares a fallas en el sistema de administración del inventario, mismas que atribuía al software de planeación de la cadena de i2. i2, a su vez, culpaba de los problemas a la ejecución del software por parte de Nike. Es bastante claro que una coordinación insuficiente de las dos compañías desempeñó un papel importante en este desencuentro.

3. *Contacto reducido cliente/proveedor.* Una compañía puede perder el contacto cliente/proveedor al introducir un intermediario. La pérdida del contacto con el cliente es particularmente significativa para las compañías que venden directamente a los consumidores pero que deciden utilizar un tercero, ya sea para cobrar los pedidos entrantes o para entregar el producto. Un buen ejemplo de esto es Boise Cascade, que subcontrató toda su distribución a terceros. Esta decisión condujo a una pérdida significativa del contacto con el cliente. Boise Cascade decidió realizar de manera interna la entrega de sus clientes ubicados cerca de sus centros de distribución. Dada la alta densidad de clientes alrededor de sus centros de distribución, la ganancia adicional en el superávit que un tercero podría aportar era mínima, mientras que la ganancia de un mejor contacto con el cliente era significativa. Boise Cascade no llevó la distribución más allá de este punto ya que la ganancia en el superávit que aportaba un tercero era significativa.

4. *Pérdida de capacidad interna y crecimiento del poder del tercero.* Una compañía puede elegir mantener de manera interna una función de la cadena siempre que la subcontratación (outsourcing) incremente de manera significativa el poder de un tercero. Un ejemplo se encuentra en la industria electrónica. Las compañías como HP y Motorola han trasladado la mayor parte de su manufactura a otros fabricantes pero están renuentes a mover el abastecimiento o el diseño, aun cuando los fabricantes por contrato han desarrollado ambas capacidades. Dada la cantidad de componentes comunes, se puede decir que el fabricante por contrato puede lograr un nivel más alto de agregación en el abastecimiento como también en los activos de diseño. Sin embargo, HP y Motorola están renuentes a asignar el abastecimiento a otros fabricantes debido a que la pérdida potencial en poder es grande mientras que los beneficios de la agregación son pequeños, dado el tamaño relativamente grande de ambas compañías. Mantener parte de una función de la cadena de manera interna es también importante si una pérdida completa de la capacidad fortalece significativamente la posición de negociación del tercero. La capacidad interna sirve entonces como una opción a la que se puede recurrir cuando la necesidad lo reclame. La opción limita también la cantidad del superávit de la cadena que puede retener el tercero para sí.

5. *Fuga de datos e información confidencial.* Utilizar un tercero requiere que la compañía comparta información sobre la demanda y, en algunos casos, propiedad intelectual. Si el tercero también atiende a la competencia, existe siempre el riesgo de que se produzca una fuga de información. Las compañías con frecuencia insisten en la instalación de *firewalls* dentro del tercero, pero esto incrementa la especificidad de los activos, limitando el crecimiento del superávit que el tercero puede proporcionar. Cuando la fuga de información es un problema, en especial respecto a la propiedad intelectual, las compañías con frecuencia deciden mantener la función de manera interna.

6. *Contratos ineficaces.* Los contratos con métricas de desempeño que distorsionan los incentivos de un tercero a menudo reducen los beneficios de la subcontratación. Por ejemplo, cuando los

servicios de un tercero se pagan a costo más un porcentaje de comisión, se originan problemas de incentivos incluso si el tercero abre sus libros. Esta forma de fijación de precios elimina los incentivos para que el tercero siga innovando para reducir los costos. La responsabilidad del mejoramiento recae en la compañía. Otro ejemplo es cuando las compañías requieren que los proveedores o distribuidores mantengan cierto número de días de inventario como parte del contrato. Tal contrato reduce el incentivo del tercero para adoptar medidas que reduzcan los inventarios. En tal situación, es mejor que la empresa contrate un nivel deseado de servicio y que deje con más libertad al tercero respecto a la cantidad de inventario. Así, éste tendrá un incentivo para esforzarse por reducir el inventario a fin de proporcionar el nivel de servicio requerido.

14.3 TERCEROS Y CUARTOS PROVEEDORES DE LOGÍSTICA

Un proveedor logístico o *tercero logístico* (3PL) lleva a cabo una o más de las actividades relacionadas con el flujo de productos, información y fondos que podrían ser llevados a cabo por la misma compañía. Tradicionalmente, el 3PL se ha enfocado en funciones específicas, tales como el transporte, almacenaje y tecnología de la información dentro de la cadena. La guía *Armstrong's Guide to 3PLs & Global Logistics Services* (Armstrong & Associates, Inc., 2001) describe algunos de los servicios ofrecidos por los 3PL, como se observa en la tabla 14-2.

La mayoría de los 3PL iniciaron enfocándose en una de las funciones de la cadena. Por ejemplo, UPS inició como transportista de paquetes pequeños. Schneider inició como transportista de carga. Sin embargo, con los años, conforme las funciones básicas se fueron estandarizando los 3PL expandieron la variedad de servicios que ofrecían. Existen todavía clientes que los utilizan para llevar a cabo una función específica. Por ejemplo, Grainger maneja por su cuenta la mayor parte del ciclo de pedido a entrega, excepto por el transporte saliente, el cual se subcontrata con UPS. Es evidente que UPS incrementa el superávit en este caso, dada la distribución geográfica de los clientes de Grainger y el tamaño pequeño de los pedidos. UPS ahora se ha expandido para incluir almacenaje, tecnología de la información, entrega internacional y una variedad de otros servicios y se propone realizar una gama más amplia de funciones para

TABLA 14-2 Servicios proporcionados por 3PL

Categoría del servicio	*Servicio básico*	*Algunos servicios específicos con valor agregado*
Transporte	Transporte entrante, saliente por barco, camión, ferrocarril, avión	Oferta, seguimiento, conversión de medio, expedición, pago de fletes, administración de contratos.
Almacenamiento	Almacenamiento, administración de instalaciones	Cruce de andén, consolidación en tránsito, distribución colectiva para varias compañías, recoger/empacar, ensamblaje, control de inventario, etiquetado, surtido de pedidos, entrega a domicilio de los pedidos de catálogo
Tecnología de la información	Proporcionar y mantener sistemas avanzados de información/computación	Sistemas de administración de transporte, administración de almacenes, modelado de redes y selección de sitios, pago de facturas de fletes, interfase automatizada para intermediarios (brokers), coordinación integral, pronóstico, intercambio electrónico de datos (EDI), seguimiento mundial y visibilidad global.
Logística en reversa	Manejar flujos inversos	Reciclaje, venta de activos usados, devoluciones de clientes, administración de contenedores retornables, reparaciones y renovaciones.
Otros servicios 3PL		Intermediación, expedición de carga, administración de órdenes de compra, toma de pedidos, reclamaciones por pérdidas y daños, auditorías de facturas de carga, consultoría, entrega con fecha y hora garantizadas.
Internacional		Intermediación aduanal, servicios portuarios, embalaje para exportación, consolidación.
Habilidades especiales/Manejo		Materiales peligrosos, transporte con temperatura controlada, entrega de paquetes, instalaciones y equipo aprobados para el manejo de alimentos, carga a granel.

sus clientes. La amplia gama de servicios permitió a UPS firmar un contrato para administrar la cadena de suministro global de National Semiconductor Corporation. UPS administra el traslado de los chips de las plantas de National Semiconductor Corporation a un centro de distribución global y de ahí a clientes de todo el mundo. De manera similar, Schneider Logistics ofrece una amplia variedad de servicios aparte del transporte de carga en camiones. Para General Motors Spare Parts Operations, GMSPO, Schneider proporciona servicios integrales de logística, desde la colocación de pedidos hasta el pago final.

La tendencia a subcontratar una gama más amplia de servicios de la cadena ha ido en aumento desde finales de la década de los noventa. Con una globalización cada vez mayor de las cadenas, los clientes buscan empresas que pueden administrar prácticamente todos los aspectos de su cadena. Esto ha llevado al concepto del *cuarto logístico* (4PL). El 4PL fue definido primeramente por Andersen Consulting (ahora Accenture) como "un integrador que reúne los recursos, capacidades y tecnología de su propia organización y de otras organizaciones para diseñar, construir y ejecutar soluciones integrales de la cadena de suministro".[1] Mientras que el 3PL se enfoca en una función, el 4PL se enfoca en la administración de todo el proceso. Algunos han descrito al 4PL como un contratista general que administra a otros 3PL, transportistas, despachadores, agentes aduanales y otros, esencialmente haciéndose responsable de todo el proceso del cliente. Cuando se formuló la idea por primera vez, Andersen concibió un 4PL neutral que no era propietario de ningún activo logístico sino que administraba a varios proveedores de logística. La realidad ha sido un tanto diferente. Casi ningún 4PL neutral ha logrado establecerse. Sin embargo, muchos 3PL han empezado a ofrecer servicios integrados, por lo que actúan como 4PL y proveedor de logística líder, cubriendo ellos mismos algunas de las funciones.

Un ejemplo de un proveedor de logística líder es Menlo Logistics, que administra todos los aspectos de la cadena de HomeLife, una cadena detallista nacional de muebles para el hogar. Menlo diseña la cadena y los sistemas de información e integra el transporte, almacenamiento, entrega a domicilio, preparación y reparación del producto y logística en reversa para HomeLife. La solución incluye algunos centros de distribución que son operados por Menlo y otros centros de distribución cuya operación está a cargo de terceros administrados por Menlo. También tiene un centro de mando centralizado para administrar y dar seguimiento a otras actividades de la cadena. Menlo también ha proveído a HomeLife con sistemas de información para administrar los pedidos, almacenes, transporte y entrega a domicilio. Otro ejemplo es Kuehne & Nagel AG, un agente de transporte de carga suizo, que ha creado Kuehne & Nagel Lead Logistics (K&N), la cual está posicionada como 4PL. En 2002, Nortel Networks contrató a K&N para manejar su logística saliente de las fábricas a los clientes. K&N administra ahora entre 35 y 40 expedidores, administradores de almacenes, transportistas y otros proveedores de logística a nivel mundial para Nortel. K&N por sí misma proporciona algunos de estos servicios a Nortel.

Una pregunta fundamental es cómo un 4PL agrega valor en relación con una compañía que administra sus propios proveedores de logística. Esto es particularmente relevante en el caso de K&N y Nortel, ya que K&N contrató a cerca de 100 empleados de Nortel que administraban la cadena de suministro. Una respuesta que se ha propuesto es que subcontratar a una empresa como K&N permite a Nortel aplicar el capital limitado del que dispone a su negocio central. Sin embargo, hay que tener en mente que subcontratar (outsourcing) una actividad que no es central, como la logística, no garantiza crecimiento alguno en el superávit de la cadena. La relación entre K&N y Nortel sólo podrá sobrevivir a largo plazo si K&N puede incrementar el superávit de una manera en la cual Nortel no puede. La ventaja fundamental que un 4PL puede proporcionar proviene de una mayor visibilidad y coordinación en la cadena de la compañía y una transferencia mejorada entre los proveedores de logística. Una mayor visibilidad y una mejor coordinación requieren del uso de tecnología de la información (TI) avanzada. Dado el alto costo del desarrollo o compra de esta tecnología, y los expertos necesarios para la implementación, un 4PL puede incrementar el superávit al repartir el costo entre múltiples clientes. Muchos 4PL han desarrollado sus propios paquetes de aplicaciones de TI, mientras que otros integran

[1] Tomado de http://en.wikipedia.org/wiki/4PL el 29 de enero de 2006.

aplicaciones de TI de múltiples proveedores. Por ejemplo, Schneider Logistics tiene su propio paquete llamado SUMIT, mientras que Exel plc Americas utiliza las aplicaciones de una variedad de proveedores como i2 Technologies y CAPS. Un 4PL puede también incrementar el superávit de la cadena al agregar de manera efectiva las demandas de los clientes y la capacidad de los proveedores de logística.

Un ejemplo excelente de una compañía que hace ambas cosas es Li & Fung, la cual ha construido un negocio de 2,000 millones de dólares ayudando a compañías globales como Reebok a administrar el aprovisionamiento y la producción en muchas ubicaciones en el mundo en vías de desarrollo. La compañía ha sido un intermediario entre los proveedores de los países en vías de desarrollo y los compradores globales desde que se fundó en 1906. Li & Fung originalmente exportaba jade, porcelana y seda de China a Estados Unidos. A principios de la década de los setenta la compañía expandió su red de proveedores y ahora es capaz de operar con éxito en países donde existen organizaciones de comercio regional, como la Unión Europea y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), aprovisionando de manera apropiada. Li & Fung es un centro de información que enlaza óptimamente a miles de fábricas en 32 países con casi mil clientes. Li & Fung reserva entre 30 y 70% de la capacidad de los proveedores. Estas fábricas están acostumbradas al trabajo confiable que Li & Fung les envía constantemente y, por lo tanto, están dispuestas a comprometer su capacidad. Además, Li & Fung mantiene información detallada sobre la capacidad de cada fábrica que utiliza para asignarla a los pedidos correspondientes de los clientes en cuanto éstos llegan. Para sus clientes, Li & Fung facilita la producción con tiempo de espera corto. Esto permite a los clientes observar las tendencias de las ventas antes de colocar un pedido. Cuando éste llega, Li & Fung compra el hilo a un proveedor, verifica el programa de producción de las fábricas de tejidos y finalmente subcontrata la producción de la prenda para asegurar el cumplimiento del programa de entregas. Todo esto se lleva a cabo para minimizar el costo de producción y cumplir los programas de entrega. Como es evidente, Li & Fung es un integrador que aumenta el superávit de la cadena como ningún otro cliente o proveedor puede hacerlo en lo individual. Esta compañía agrega la demanda de cientos de clientes, la capacidad de miles de proveedores y utiliza información detallada sobre clientes y proveedores para ajustar la oferta a la demanda de manera rentable.

Conforme las cadenas se vuelvan más globales, los 3PL que ofrecen una amplia gama de servicios disfrutan de una ventaja en el mercado. Esto ha llevado a una serie de fusiones y los grandes 3PL se han vuelto aún más grandes. Con el uso cada vez más frecuente del aplazamiento de la diferenciación, especialmente en la industria electrónica, se está pidiendo a los intermediarios que se hagan cargo de una parte de las responsabilidades de fabricación. Esto ha provocado que la distinción entre los 3PL y los fabricantes por contrato se haga menos clara. Los grandes 3PL están tratando cada vez más de ofrecer alguna forma de ensamblaje final como parte de su servicio. A su vez, los fabricantes por contrato están expandiendo sus capacidades logísticas, ya sea comprando o formando sociedades con los proveedores de logística. Por ejemplo, Celestica, un fabricante por contrato, se asoció con Exel Logistics, FedEx, Kuehne & Nagel y Panalpina para que fueran sus proveedores de logística. Otro fabricante por contrato, Flextronics, compró a unos proveedores de logística a principios del siglo XXI. En todo caso, la meta es proporcionar un servicio completo de producción y distribución para el cliente.

14.4 PUNTUACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROVEEDOR

Al comparar a los proveedores, muchas compañías cometen el error de enfocarse sólo en el precio, pasando por alto el hecho de que los proveedores pueden diferir en otras dimensiones importantes que afectan el costo total de utilizar al proveedor. Por ejemplo, los proveedores tienen diferentes tiempos de espera de resurtido. ¿Tiene su recompensa seleccionar un proveedor más caro con un tiempo de espera más corto? O considere a los proveedores que tienen un

desempeño diferente en cuanto a la puntualidad. ¿Vale la pena pagar unos dólares extra por un proveedor confiable?

En cada uno de los casos mencionados anteriormente, el precio cobrado por el proveedor es sólo uno de los muchos factores que afectan el superávit de la cadena. Al calificar y evaluar a los proveedores, deben considerarse, además del precio, los siguientes factores:

- Tiempo de espera del resurtido
- Desempeño en la puntualidad
- Flexibilidad del suministro
- Frecuencia de la entrega/tamaño mínimo del lote
- Calidad del suministro
- Costo de transporte entrante
- Términos del precio
- Capacidad de coordinación de la información
- Capacidad de colaboración en el diseño
- Tipos de cambio, impuestos y derechos
- Viabilidad del proveedor

El desempeño del proveedor debe calificarse con base en cada uno de estos factores, ya que todos afectan el costo de la cadena. A continuación analizamos cada factor que afecta el costo total de la cadena y cómo la calificación del proveedor en un factor puede utilizarse para inferir el costo total de emplearlo.

1. ***Tiempo de espera del resurtido.*** Conforme crece el tiempo de espera del resurtido, la cantidad de inventario de seguridad que necesita mantener el comprador también crece de manera proporcional a la raíz cuadrada del tiempo de espera del resurtido (véase el capítulo 11). El desempeño del tiempo de espera de un proveedor se traduce directamente en el inventario de seguridad requerido utilizando la ecuación 11.9. Calificar el desempeño de los proveedores en términos de este tiempo permite a la compañía evaluar el impacto que cada proveedor tiene en el costo de mantener inventario de seguridad.

2. ***Desempeño en la puntualidad.*** El desempeño en la puntualidad afecta la variabilidad del tiempo de espera. Un proveedor confiable tiene una variabilidad baja en el tiempo de espera, mientras que uno no confiable tiene una variabilidad alta. Conforme crece la variabilidad del tiempo de espera, el inventario de seguridad requerido en la compañía crece muy rápidamente (véase el capítulo 11). El desempeño en este rubro puede traducirse en variabilidad del tiempo de espera, el cual puede convertirse en el inventario de seguridad requerido utilizando la ecuación 11.11. La compañía puede utilizar el análisis del capítulo 11 para evaluar el impacto que el desempeño deficiente del proveedor en cuanto al tiempo de espera tiene en el costo de mantener inventario de seguridad.

3. ***Flexibilidad del suministro.*** La flexibilidad del suministro es el grado de variación en la cantidad de pedido que un proveedor puede tolerar, sin permitir que otros factores del desempeño se deterioren. Mientras menos flexible sea un proveedor, más variabilidad en el tiempo de espera mostrará conforme cambien las cantidades de pedido. La flexibilidad del suministro afecta también el nivel del inventario de seguridad que la compañía tendrá que mantener.

4. ***Frecuencia de la entrega/tamaño mínimo del lote.*** La frecuencia de la entrega y el tamaño mínimo del lote ofrecido por un proveedor afectan el tamaño de cada lote de resurtido ordenado por la empresa. Conforme crece el tamaño del lote de resurtido, crece el inventario de ciclo de la empresa y, por lo tanto, se incrementa el costo de mantener inventario (véase el capítulo 10). Utilizando la ecuación 10.1, la frecuencia de la entrega se convierte en el inventario de ciclo. Para una compañía que utiliza una política de revisión periódica, la frecuencia de la entrega también afecta el inventario de seguridad requerido (véase la ecuación 11.16). Por tanto, la frecuencia de la entrega de un proveedor puede convertirse en el costo de mantener inventarios de ciclo y de seguridad.

5. ***Calidad del suministro.*** Un empeoramiento de la calidad del suministro incrementa la variabilidad del suministro de los componentes disponibles para la compañía. La calidad afecta el

tiempo de espera que necesita el proveedor para terminar el pedido de resurtido y también la variabilidad de este tiempo de espera, ya que a menudo es necesario surtir pedidos de seguimiento para reponer los productos defectuosos. Como resultado, la compañía tiene que mantener más inventario de seguridad (véase el capítulo 11) con un proveedor de baja calidad en comparación con uno de alta calidad. Una vez que se establece una relación entre la calidad del suministro, el tiempo de espera y la variabilidad del tiempo de espera, el nivel de la calidad de cada proveedor puede ser convertido al inventario de seguridad requerido y al costo asociado de mantener inventario. La calidad de los componentes también afecta la satisfacción del cliente y el costo del producto debido al reproceso, la pérdida de material y el costo de inspección.

6. *Costo de transporte entrante.* El costo total de utilizar un proveedor incluye el costo de transporte entrante de traer material de un proveedor. El abastecimiento de un producto desde el extranjero puede tener un costo de producto más bajo, pero en general se incurre en un costo de transporte entrante más alto, lo cual debe tomarse en consideración al comparar a los proveedores. La distancia, el medio de transporte y la frecuencia de la entrega afectan el costo de transporte entrante asociado con cada proveedor.

7. *Términos del precio.* Los términos del precio incluyen el tiempo de retraso permitido antes de que se tenga que realizar el pago y el descuento por cantidad ofrecido por el proveedor. El tiempo de retraso permitido en el pago a los proveedores ahorra capital de trabajo al comprador. Los ahorros en el costo de capital de trabajo pueden ser cuantificados. Los términos del precio también incluyen descuentos para compras por encima de ciertas cantidades. Los descuentos por cantidad disminuyen el costo unitario pero tienden a incrementar el tamaño de lote necesario y, como resultado, el inventario de ciclo (véase el capítulo 10). Como se analizó en el capítulo 10, el impacto de los descuentos por cantidad en el costo del material y en el costo del inventario puede ser cuantificado para cada proveedor.

8. *Capacidad de coordinación de la información.* La capacidad de coordinación de la información de un proveedor es más difícil de cuantificar, pero afecta la capacidad de la empresa de igualar la oferta y la demanda. Una buena coordinación da como resultado una mejor planeación del resurtido, por lo que reduce tanto el inventario mantenido como las ventas perdidas a causa de la falta de disponibilidad. Una buena coordinación de la información también disminuye el efecto de látigo (véase el capítulo 17) lo que da como resultado costos más bajos de producción, inventario y transporte al tiempo que mejora la capacidad de respuesta al cliente. El valor de una mejor coordinación se relaciona con el grado de variabilidad introducida dentro de la cadena como resultado del efecto látigo.

9. *Capacidad de colaboración en el diseño.* Dado que una gran parte del costo del producto se fija en el diseño, la capacidad de colaboración de un proveedor es importante. Una buena colaboración en el diseño para la fabricación y la cadena de suministro también puede disminuir los inventarios necesarios y el costo de transporte. Conforme los fabricantes subcontratan cada vez más tanto el diseño como la fabricación de los componentes, su habilidad de coordinar el diseño entre muchos proveedores es crítica para el éxito final del producto y la velocidad de la introducción. Como resultado, la capacidad de los proveedores de colaborar en el diseño se está volviendo cada vez más importante.

10. *Tipos de cambio, impuestos y derechos.* Aunque los tipos de cambio, impuestos y derechos no dependen del proveedor, pueden ser significativos para una compañía que tiene una base de fabricación y suministro global. En muchos casos, las fluctuaciones de las divisas afectan el precio de los componentes más que los demás factores en su conjunto. Pueden implementarse coberturas financieras para contrarrestar las fluctuaciones en los tipos de cambio. Es importante, sin embargo, analizar varias opciones de suministro en una cadena de suministro global para tener en cuenta la demanda y la variabilidad macroeconómica, como se analizó en el capítulo 6. De manera similar, el nivel de los impuestos y derechos puede influir enormemente en el costo total, dependiendo de la ubicación del proveedor.

11. *Viabilidad del proveedor.* Dado el impacto que los proveedores tienen en el desempeño de una compañía, un factor importante al escoger un proveedor es la probabilidad de que pueda cumplir las promesas que hace. Esta consideración puede ser especialmente importante si el

TABLA 14-3 Factores del desempeño del proveedor y su impacto en el costo total

	Precio de compra del componente	*Inventario*		*Costo de transporte*	*Tiempo de introducción del producto*
		Ciclo	*Seguridad*		
Tiempo de espera del resurtido			X		
Desempeño en la puntualidad			X		
Flexibilidad del suministro			X		
Frecuencia de la entrega/tamaño mínimo del lote		X	X	X	
Calidad del suministro	X		X		
Costo de transporte entrante				X	
Términos del precio	X	X			
Capacidad de coordinación de la información			X	X	
Capacidad de colaboración en el diseño	X	X	X	X	X
Tipos de cambio, impuestos y derechos	X				
Viabilidad del proveedor			X		X

proveedor proporciona productos críticos cuyo reemplazo sería difícil de encontrar. Observemos que esto no es necesariamente un sesgo a favor de las compañías grandes, ya que muchas pequeñas empresas, e incluso aquellas que apenas inician, pueden proporcionar un nivel aceptable de viabilidad.

Cada proveedor debe ser calificado en todas las dimensiones mencionadas previamente, además del precio que cobra por unidad. El impacto de cada factor en el costo total se resume en la tabla 14-3. Los factores de la tabla 14-3 permiten a la compañía calificar y comparar a los diversos proveedores con diferente desempeño en cada dimensión. Hemos analizado cómo el desempeño relativo a la mayor parte de los factores puede ser cuantificado en términos del impacto en el costo. El desempeño total de cada proveedor puede ser caracterizado en términos del costo total y una calificación de los factores no cuantificables.

PUNTO CLAVE El desempeño del proveedor debe compararse con base en el impacto en el costo total. Además del precio de compra, el costo total se ve influenciado por el tiempo de espera del resurtido, el desempeño en cuanto a la puntualidad, la flexibilidad del suministro, la frecuencia de la entrega, la calidad del suministro, el costo de transporte entrante, los términos del precio, la capacidad del proveedor de coordinar el pronóstico y la planeación, la capacidad de colaboración en el diseño del proveedor, los tipos de cambio y los impuestos y la viabilidad del proveedor.

En el ejemplo 14-1 ilustramos la comparación de dos proveedores con diferentes precios y otras características de desempeño.

Ejemplo 14-1: **Comparación de proveedores con base en el costo total**

Green Thumb, un fabricante de podadoras de césped y sopladoras de nieve, ha comprado históricamente un millar de cojinetes por semana a un proveedor local que cobra 1 dólar por cojinete. El gerente de compras ha identificado otra posible fuente dispuesta a proveer los cojinetes a un precio de 0.97 dólares por cojinete. Antes de tomar esta decisión, el gerente evalúa el desempeño de los dos proveedores. El local tiene un tiempo de espera promedio de dos semanas y está de acuerdo en entregar los cojinetes en tandas de 2,000. Con base en el desempeño pasado, el gerente estima que el tiempo de espera tiene una desviación estándar de una semana. La nueva fuente tiene un tiempo de espera promedio de seis semanas con una desviación estándar de cuatro semanas. La nueva fuente requiere un tamaño de tanda mínimo de 8,000 cojinetes. ¿A qué proveedor debe comprarle el gerente? Green Thumb tiene un costo de mantener inventario de 25%. En la actualidad, utiliza una política de revisión continua para administrar el inventario y quiere alcanzar un nivel de servicio de ciclo de 95%. La demanda semanal tiene una media de 1,000 y una desviación estándar de 300.

Análisis: El desempeño de los proveedores en cuanto al tiempo de espera y la variabilidad del mismo afectan el inventario de seguridad que debe mantener Green Thumb, y el tamaño mínimo del lote requerido afecta el inventario de ciclo mantenido. Por tanto, el gerente de compras debe evaluar el costo total de utilizar a cada proveedor. Primero consideremos el costo de utilizar al proveedor local actual.

Costo anual del material = $1{,}000 \times 52 \times 1 = \$52{,}000$
Inventario de ciclo promedio (utilizando la ecuación 10.1) = $2{,}000/2 = 1{,}000$
Costo anual de mantener el inventario de ciclo = $1{,}000 \times 1 \times 0.25 = \$250$
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera (utilizando la ecuación 11.11) = $\sqrt{2 \times 300^2 + 1{,}000^2 \times 1^2} = 1{,}086.28$
Inventario de seguridad requerido con el proveedor actual (utilizando la ecuación 11.9) = $NORMSINV(0.95) \times 1{,}086.28 = 1{,}787$
Costo anual de mantener inventario de seguridad = $1{,}787 \times 1 \times 0.25 = \$446.75$
Costo anual de utilizar el proveedor actual = $52{,}000 + 250 + 446.75 = \$52{,}696.75$

A continuación consideramos el costo de emplear al nuevo proveedor:

Costo anual del material = $1{,}000 \times 52 \times 0.97 = \$50{,}440$
Inventario de ciclo promedio (utilizando la ecuación 10.1) = $8{,}000/2 = 4{,}000$
Costo anual de mantener el inventario del ciclo = $4{,}000 \times 0.97 \times 0.25 = \$970$
Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera (utilizando la ecuación 11.11) = $\sqrt{6 \times 300^2 + 1{,}000^2 \times 4^2} = 4{,}066.94$
Inventario de seguridad requerido con el proveedor actual (utilizando la ecuación 11.9) = $NORMSINV(0.95) \times 4{,}066.94 = 6{,}690$
Costo anual de mantener inventario de seguridad = $6{,}690 \times 0.97 \times 0.25 = \$1{,}622$
Costo anual de utilizar el proveedor actual = $50{,}440 + 970 + 1{,}622 = \$53{,}032$

Observemos que el nuevo proveedor tiene un costo anual de material más bajo, pero un costo total anual más alto. Tomando en consideración todas las características del desempeño, el gerente de compras debe continuar con el proveedor actual.

14.5 SELECCIÓN DE PROVEEDORES, SUBASTAS Y NEGOCIACIONES

Antes de seleccionar a los proveedores, la compañía debe decidir si utilizar sólo uno o múltiples proveedores. Uno solo garantiza al proveedor negocio suficiente cuando el proveedor tiene que realizar una inversión significativa para atender a ese comprador específico. La inversión que se realiza para un comprador concreto puede tomar la forma de una planta o equipo diseñado para producir una parte que sólo ese comprador necesita o puede tomar la forma de la pericia que necesita ser desarrollada. Un proveedor único también se utiliza en la industria automotriz para partes como los asientos que deben llegar en secuencia a la producción. Coordinar tal secuencia es imposible con múltiples proveedores. Como resultado, las compañías automotrices tienen un solo proveedor de asientos para cada planta pero múltiples proveedores de asientos en su red de fabricación. Tener múltiples proveedores asegura cierto grado de competencia y también la posibilidad de contar con un refuerzo en caso de que alguno de los proveedores llegue a fallar.

Una prueba de si la empresa tiene el número adecuado de proveedores es analizar el impacto que tendrá el suprimir o agregar un proveedor. A menos que cada proveedor cumpla una función un tanto diferente, es muy probable que la base del suministro sea demasiado grande. En contraste, a menos que agregar un proveedor con una capacidad única y valiosa aumente claramente el costo total, la base del suministro puede ser muy pequeña.

La selección de los proveedores se lleva a cabo utilizando una variedad de mecanismos, incluyendo licitaciones competitivas fuera de línea, subastas inversas o negociaciones directas. Sin importar el mecanismo que se utilice, la selección de los proveedores debe estar basada en el costo total de utilizar un proveedor y no sólo el precio de compra. A continuación, analizamos algunos mecanismos de subasta que con frecuencia se utilizan en la práctica y resaltamos algunas de sus propiedades.

SUBASTAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Al subcontratar a terceros, históricamente las compañías han obtenido licitaciones competitivas y, en años recientes, han utilizado las subastas inversas por Internet. Las licitaciones competitivas son una forma de subasta en la cual las ofertas no se revelan a los otros licitadores. En el siguiente análisis las tratamos como subastas. Un excelente análisis sobre las subastas se encuentra en Krishna (2002) y Milgrom (2004). Gran parte del análisis siguiente es un resumen de sus ideas.

En muchos esquemas de cadena de suministro, el comprador desea subcontratar una función de la cadena, como la producción o el transporte. Los posibles proveedores son primero calificados y luego se les permite presentar una oferta de cuánto cobrarían por realizar la función. El proceso de calificación es importante ya que existen múltiples atributos del desempeño (como se resume en la tabla 14-3) que le interesan al comprador. Al conducir una subasta con base en el precio, es importante que el comprador especifique las expectativas del desempeño relativo a todas las demás dimensiones aparte del precio. En realidad, sería más conveniente para el comprador realizar subasta basada en múltiples atributos, pero en la mayor parte de los casos, los comparadores terminan con especificaciones de diversos atributos y una subasta basada sólo en el precio. El proceso de calificación se emplea para identificar a los proveedores que cumplen las expectativas respecto a los atributos que no tienen que ver con el precio. Desde la perspectiva del comprador, el propósito de la subasta es lograr que los licitadores revelen sus estructuras de costos asociados de manera que el comprador pueda seleccionar al proveedor con los costos más bajos. Los mecanismos que se usan comúnmente en estas subastas son los siguientes:

- Las *subastas de primer precio con ofertas selladas* requieren que cada proveedor potencial entregue una oferta sellada por el contrato antes de una fecha específica. En la fecha prevista, las ofertas se abren y el contrato se asigna a la de menor precio.
- En las *subastas inglesas*, el subastador inicia con un precio y los proveedores pueden hacer pujas en tanto que cada una de éstas sea menor que la anterior. El proveedor que hace la última oferta (la más baja) obtiene el contrato. La diferencia en este caso es que todos los proveedores saben cuál es la oferta más baja conforme se desarrolla la subasta.
- En las *subastas holandesas*, el subastador inicia con un precio bajo y lo va incrementando poco a poco hasta que uno de los proveedores está de acuerdo en contratar a ese precio.
- En las *subastas de segundo precio* (*Vickrey*), cada posible proveedor entrega una oferta. El contrato se asigna a la oferta más baja, pero al precio cotizado en la segunda oferta más baja.

Al identificar qué subasta usará, la compañía quiere minimizar el precio que paga. A la empresa también le importa terminar con el proveedor que tenga los costos asociados más bajos, ya que es más probable que éste sea capaz de proveer al precio al cual se comprometió. Un tema relacionado es si los proveedores tienen incentivos para presentar ofertas falsas que no concuerdan con su estructura de costos. Tales ofertas pueden incrementar lo que la compañía paga y también a otorgar el contrato a una compañía que no tiene los costos más bajos.

Un tema importantísimo en las subastas de primer precio con ofertas selladas es lo que se conoce como la maldición del ganador. Una vez que es seleccionado con base en la oferta sellada, el ganador rápidamente se da cuenta de que pudo haber incrementado ligeramente su oferta y ganar de todos modos porque los otros proveedores hicieron ofertas más altas. En este sentido, ganar la licitación lleva al ganador a darse cuenta de que dejó dinero en la mesa. Así, los licitadores ajustan sus ofertas iniciales hacia arriba, tomando en consideración este fenómeno. Este problema no surge en una subasta abierta, donde los postores ven la mejor puja actual al planear su siguiente oferta. Este problema tampoco surge en las subastas de segundo precio, ya que el ganador logra el precio del segundo postor más bajo y, por tanto, no tiene incentivo para esconder su costo verdadero.

Los siguientes factores influyen en el desempeño de una subasta:

- ¿La estructura de costos del proveedor es particular (es decir, no se ve afectada por factores que son comunes a otros licitadores)?
- ¿Los proveedores son simétricos o no, esto es, se espera de antemano que tengan estructuras de costo similares?

- ¿Los proveedores cuentan con toda la información que necesitan para estimar su estructura de costos?
- ¿El comprador especifica el precio máximo que está dispuesto a pagar por la función de la cadena de suministro?

Comencemos con las estructuras de costos de los proveedores. En la mayoría de los casos es razonable suponer que una parte de los costos del proveedor tiene su origen en la manera como éste ha estructurado sus procesos y otra parte se debe a factores del mercado, como los costos de materias primas y mano de obra, que son comunes a todos los proveedores. En otras palabras, es probable que la estructura de costos del proveedor sea interdependiente y correlacionada hasta cierto punto. Esta interdependencia y correlación probablemente son mayores cuando se trata de proveedores que tienen procesos semejantes localizados en mercados parecidos. Si los proveedores son simétricos y tienen costos interdependientes y correlacionados, el precio esperado que la empresa tendría que pagar en una subasta inglesa no es superior al que pagaría en una subasta de segundo precio, el cual, a su vez, no es mayor que el de una subasta de primer precio con oferta sellada. En otras palabras, en estas circunstancias, es probable que la subasta inglesa alcance el menor precio para la empresa. Sin embargo, si los proveedores son asimétricos, es posible que una subasta de segundo precio sea más conveniente que la subasta inglesa.

Si la empresa del comprador tiene información que se relaciona directamente con los costos de los proveedores y éstos saben que la empresa cuenta con dicha información, pero no la conocen, lo que más conviene a la empresa es darla a conocer. En todos los mecanismos de subasta (con licitadores simétricos), el comprador paga menos si revela toda la información que si no lo hace. Así, es mucho mejor que el comprador especifique con claridad sus necesidades y revele toda la información que tiene en su poder en relación con la tarea de la cadena de suministro. Cuando esta información no se revela, los licitadores manipulan sus ofertas para protegerse de la maldición del ganador, lo que termina por aumentar el precio pagado por el comprador. De este modo, al comprador le conviene no sólo dar a conocer toda la información pertinente antes de la licitación, sino también convencer a los posibles proveedores de que se ha revelado toda ella.

Un factor muy importante que debe tomarse en cuenta cuando se diseña una licitación es que los licitadores se coludan. Las subastas de segundo precio son especialmente vulnerables a la colusión entre los licitadores. Considere un acuerdo entre los oferentes según el cual el que tiene el menor costo accede a ofrecer su verdadero costo y todos los demás ofrecen una cifra más alta (por ejemplo, el costo del licitador más caro o el precio de reserva del comprador). En una subasta de segundo precio, el licitador con el menor costo es el que consigue el contrato para realizar la función de la cadena de suministro, pero el comprador tiene que pagar un precio más alto que el costo del proveedor con el segundo costo más bajo. Esta estrategia de colusión es un equilibrio porque ninguno de los otros licitadores tiene nada que ganar si se aparta del acuerdo de colusión. Observe que esta estrategia de colusión puede evitarse con una subasta de primer precio, ya sea con oferta sellada o una subasta inglesa. De un modo u otro, un acuerdo de colusión con un precio muy alto no puede sostenerse porque muchos licitadores se sentirán tentados a participar en la licitación si tienen un costo inferior. En última instancia, las subastas de primer precio atraen algo más que al licitador con el menor costo a la subasta.

La colusión provoca que los proveedores supriman el deseo de realizar la función de la cadena de suministro y eleven sus ofertas respecto a lo que sería apropiado dado su costo. Esto sucede a menudo en las subastas multiunitarias, en las que el comprador necesita que los proveedores presenten ofertas sobre una cierta cantidad de la función de la cadena de suministro. En las *subastas holandesas multiunitarias,* el comprador empieza anunciando un precio alto y luego lo va reduciendo poco a poco hasta que un proveedor está dispuesto a proporcionar una unidad de los bienes o servicios. El precio se reduce poco a poco hasta que los proveedores se comprometen a abastecer todas las unidades de bienes o servicios deseadas por el comprador. En esta subasta, cada unidad se abastece a un precio diferente. En una *subasta inglesa multiunitaria,* el comprador comienza con un precio alto y los licitadores anuncian la cantidad que están dispuestos a suministrar. Si la cantidad total que los proveedores están dispuestos a suministrar

supera la cantidad deseada, el comprador reduce el precio hasta que la cantidad que ofrecen los proveedores es igual a la cantidad deseada. Entonces, todos los proveedores abastecen a este precio. Esta subasta también se conoce como *subasta de precio uniforme.* En estas subastas, los proveedores pueden aumentar el precio final si se coluden y forman una red de oferta que asigna un solo licitador para que participe en el proceso de la subasta en nombre de toda la red. Después de la subasta inicial, la red realiza otra subasta para repartir la cantidad asignada entre los miembros de la red. Encontrará una excelente exposición sobre la colusión en Porter (2004).

PUNTO CLAVE Los compradores deben estructurar las subastas para minimizar su costo y que el o los proveedores que tienen el menor costo ganen la licitación. Las subastas abiertas, como la subasta inglesa, tienen más probabilidades de lograr este resultado. Las subastas de primer precio con oferta sellada están sujetas a la maldición del ganador, porque éste se entera, después del hecho, de que podría haber presentado una oferta más alta y ganar de todos modos. Esto provoca que ajuste su oferta inicial a la alza. Los subastadores deben tener cuidado de evitar la colusión entre los licitadores y hacer un esfuerzo por detectar si ésta ha ocurrido.

PRINCIPIOS BÁSICOS DE NEGOCIACIÓN

En algunos casos, se ha identificado al tercero que realizará determinada función de la cadena de suministro y la empresa inicia la negociación para establecer los términos del contrato. La negociación sólo producirá un resultado positivo si el valor que el comprador atribuye a subcontratar la función de la cadena de suministro con este proveedor es por lo menos igual al valor que el proveedor atribuye a realizar la función para el comprador. El valor que el proveedor atribuye a realizar una función está influido por su costo, así como por otras alternativas que están disponibles para su capacidad existente. Asimismo, el valor que el comprador atribuye está influido por el costo de realizar la función internamente y el precio que ofrecen otros proveedores. La diferencia entre los valores del comprador y el vendedor se conoce como *excedente de negociación.* El objetivo de cada parte que interviene en la negociación es captar la mayor cantidad posible del excedente de negociación.

Encontrará una excelente exposición sobre las negociaciones en Thompson (2005). Mencionamos algunos de los puntos más destacados de esta exposición. La primera recomendación es tener una idea clara del valor propio y el mejor estimado posible del valor del tercero. Un buen cálculo del excedente de negociación mejora la oportunidad de obtener un resultado exitoso. Los proveedores de Toyota comentan con frecuencia que "Toyota conoce nuestros costos mejor que nosotros", lo que conduce a mejores negociaciones. La segunda recomendación es tratar de obtener un resultado justo basado en dividir equitativamente o por partes iguales el excedente de negociación o dividirlo con base en las necesidades. En este caso, equidad se refiere a repartir el excedente en proporción a la aportación que realiza cada una de las partes.

Sin embargo, la clave de una negociación exitosa es lograr un resultado que beneficie a todas las partes. Es imposible obtenerlo si las partes negocian con base en una sola dimensión, como el precio. En esta situación, una parte sólo puede "ganar" a expensas de la otra. Para crear una negociación en la que ambas partes salgan ganando, éstas tienen que identificar más de un aspecto que negociar. La identificación de múltiples aspectos brinda la oportunidad de ampliar el pastel si las dos partes tienen preferencias distintas. Esto suele ser más fácil de lo que parece en una situación de cadena de suministro. En general, el comprador se interesa no sólo en el precio de ejecución de la función de la cadena de suministro, sino también en la capacidad de respuesta y la calidad (dos de las dimensiones identificadas en la tabla 14-3). Si al proveedor le parece difícil disminuir el precio, pero le resulta más fácil reducir el tiempo de respuesta, hay una oportunidad para una resolución que favorezca a ambas partes, en la que el proveedor ofrece mejor capacidad de respuesta sin modificar el precio. Thompson analiza muchos de los escollos que se presentan en el proceso de negociación y también propone estrategias eficaces.

14.6 CONTRATOS Y DESEMPEÑO EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Un contrato de abastecimiento especifica los parámetros que regirán la relación entre el comprador y el proveedor. Además de hacer explícitos los términos de esta relación, los contratos tienen un impacto considerable en el comportamiento y desempeño de todas las etapas de una cadena de suministro. Los contratos deben redactarse de modo que faciliten los resultados deseables de la cadena de suministro y reduzcan al mínimo las acciones que afectan negativamente el desempeño. El gerente debe plantearse las siguientes tres preguntas al formular un contrato de la cadena de suministro:

1. ¿Cómo afectará el contrato las utilidades de la empresa y las utilidades totales de la cadena de suministro?
2. ¿Los incentivos que ofrece el contrato introducirán alguna distorsión de la información?
3. ¿Cómo influirá el contrato en el desempeño del proveedor respecto a las principales medidas de desempeño?

Idealmente, un contrato debe estructurarse para incrementar las utilidades de la empresa y de la cadena de suministro, evitar la distorsión de la información y ofrecer incentivos al proveedor para que mejore su desempeño respecto a las dimensiones más importantes. Muchas deficiencias se presentan en el desempeño de la cadena de suministro porque el comprador y el proveedor son dos entidades diferentes y cada una trata de optimizar sus utilidades.

CONTRATOS PARA DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO Y UTILIDADES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Las acciones que emprenden las dos partes de la cadena de suministro a menudo producen utilidades menores que las que podrían obtener si la cadena de suministro coordinara sus acciones con el objetivo común de maximizar las utilidades de ésta. Considere un producto cuyo precio de venta afecta significativamente la demanda. El comerciante detallista decide el precio (y, por tanto, la cantidad de ventas) con base en su margen. El margen del detallista es sólo una fracción del margen de la cadena de suministro, lo que produce un precio de venta al público más alto que el óptimo y una cantidad de ventas menor que la que sería óptima en la cadena de suministro. Este fenómeno se conoce como doble marginación (véase el capítulo 10). Como se explicó en el capítulo 10, el proveedor puede aumentar las utilidades de la cadena de suministro si ofrece un descuento por volumen, donde el detallista paga un precio más bajo si la cantidad total comprada rebasa cierto límite.

Otro ejemplo de doble marginación surge en presencia de incertidumbre de la demanda. Un fabricante quiere que el detallista mantenga un inventario grande de su producto para garantizar que se satisfaga cualquier aumento repentino en la demanda. El detallista, por otro lado, pierde dinero si el inventario no se vende. Como resultado, el detallista prefiere mantener un nivel más bajo de inventario. Esta tensión produce un resultado subóptimo en la cadena de suministro.

En un contrato en el que el proveedor especifica un precio fijo y el comprador decide qué cantidad comprar, la causa más común de desempeño subóptimo de la cadena de suministro es la doble marginación. El detallista toma su decisión de compra antes de que la demanda se realice y, por tanto, asume toda la carga de la incertidumbre de la demanda. Si ésta es menor que el inventario del detallista, éste tiene que liquidar con descuento el producto que no vendió. Dada la demanda incierta, el detallista decide qué cantidad comprar con base en su margen y el costo de tener excedentes de inventario. Sin embargo, el margen del detallista es menor que el margen de contribución de toda la cadena de suministro, mientras que el costo de tener excedentes de inventario es mayor que el de toda la cadena de suministro. Como resultado, el detallista es conservador y prefiere tener un nivel más bajo de disponibilidad del producto del que sería óptimo para la cadena de suministro.

Considere una tienda de música que vende discos compactos. El proveedor compra (o fabrica) discos compactos a 1 dólar por unidad y los vende a la tienda de música a 5 dólares por unidad. El detallista vende cada disco al consumidor final en 10 dólares. A este precio de venta

al público, la demanda del mercado está distribuida normalmente, con una media de 1,000 y una desviación estándar de 300. El detallista tiene un margen de 5 dólares por disco y, en potencia, puede perder 5 dólares por cada disco que no venda. Usando la ecuación 12.1, es óptimo para el detallista tratar de alcanzar un nivel de servicio de 0.5 y ordenar 1,000 discos. Por la ecuación 12.3, las utilidades esperadas del detallista son de 3,803 dólares y el fabricante gana 4,000 dólares de la venta de 1,000 discos. Sin embargo, para la cadena de suministro, el proveedor y el detallista tienen en conjunto un margen de 9 dólares y pueden perder sólo un máximo de 1 dólar por disco que no se venda. Para la cadena de suministro en su totalidad, es óptimo tener un nivel de servicio de 0.9 y abastecer 1,384 discos. La utilidad esperada de la cadena de suministro en este caso es de 8,474 dólares. En consecuencia, la tienda de música es conservadora y ordena menos discos de la cantidad óptima para la cadena de suministro. Como resultado, la cadena de suministro recibe 670 dólares menos que lo que se esperaría si el detallista y el proveedor trabajaran en conjunto.

Para mejorar las utilidades totales, el proveedor debe preparar un contrato que aliente al comprador a comprar más y aumentar el nivel de disponibilidad del producto. Esto requiere que el proveedor comparta una parte de la incertidumbre de la demanda del comprador. A continuación, se mencionan los tres contratos que incrementan las utilidades totales y logran que el proveedor comparta una parte de la incertidumbre de la demanda:

1. Contratos de devolución (*buy-back*)
2. Contratos de reparto de ingresos
3. Contratos de cantidad flexible

Ilustramos cada uno de los tres contratos usando el ejemplo de la tienda de música y analizamos su desempeño en términos de las tres preguntas planteadas con anterioridad.

Contratos de devolución

Una cláusula de devolución (*buy-back*) en un contrato permite al detallista devolver el inventario que no venda hasta una cantidad especificada, a un precio previamente acordado. En un *contrato de devolución,* el fabricante especifica un precio de mayoreo c junto con un precio de devolución b al que el detallista podrá devolver todas las unidades que no haya vendido al final de la temporada. El fabricante puede obtener un valor de rescate de $\$s_M$ por las unidades que el detallista devuelve.

La cantidad óptima de pedido O^* para un detallista en respuesta a un contrato de devolución se evalúa usando las ecuaciones 12.1 y 12.2, donde el valor de rescate para el detallista es $s = b$. La utilidad esperada del detallista se evalúa con la ecuación 12.3. La utilidad esperada del fabricante depende del excedente de inventario del detallista (que se evalúa con la ecuación 12.4) que se devuelve. Obtenemos

$$\text{Utilidad esperada del fabricante} = O^*(c - v) - (b - s_M) \times \text{inventario esperado del detallista}$$

Por ejemplo, el proveedor de la tienda de música puede acceder a recomprar los discos que no se vendieron a 3 dólares por disco. Esto reduce la pérdida para el detallista por cada disco que no venda de 5 dólares a 2 dólares. El proveedor absorbe los 3 dólares por disco no vendido como una reducción en el margen. La presencia de la cláusula de devolución hace que lo óptimo para el detallista sea aumentar el tamaño de pedido de 1,000 a 1,170, lo que produce una mayor disponibilidad del producto y utilidades más altas tanto para el detallista (4,286 dólares en lugar de 3,803 dólares) como para el proveedor (4,009 dólares en lugar de 4,000 dólares). Los contratos de devolución son más eficaces para los productos que tienen costo variable bajo. Por ejemplo, música, software, libros, revistas y periódicos.

La tabla 14-4 presenta el resultado de diferentes contratos de devolución que el proveedor ofrece a la tienda de música. El precio de venta de los discos compactos en la tienda de música es de $p = 10$ dólares y la demanda a este precio está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 1{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma = 300$. En esta etapa suponemos que no hay costos de transporte ni de ningún otro tipo asociados con las devoluciones.

TABLA 14-4 Tamaño de los pedidos y utilidades en una cadena de suministro de música según diferentes contratos de devolución

Precio de mayoreo c	*Precio de devolución b*	*Tamaño óptimo del pedido de la tienda de música*	*Utilidad esperada de la tienda de música*	*Devoluciones esperadas al proveedor*	*Utilidad esperada del proveedor*	*Utilidad esperada de la cadena de suministro*
$5	$0	1,000	$3,803	120	$4,000	$7,803
$5	$2	1,096	$4,090	174	$4,035	$8,125
$5	$3	1,170	$4,286	223	$4,009	$8,295
$6	$0	924	$2,841	86	$4,620	$7,461
$6	$2	1,000	$3,043	120	$4,761	$7,804
$6	$4	1,129	$3,346	195	$4,865	$8,211
$7	$0	843	$1,957	57	$5,056	$7,013
$7	$4	1,000	$2,282	120	$5,521	$7,803
$7	$6	1,202	$2,619	247	$5,732	$8,351

En la tabla 14-4 observamos que un contrato de devolución permite tanto al proveedor como al detallista aumentar sus utilidades. En la tabla 14-4, el uso de contratos de devolución incrementa el total de las utilidades de la cadena de suministro en 20% cuando el precio de mayoreo es de 7 dólares por disco. Observe que a medida que aumenta el precio de mayoreo, es óptimo para el fabricante aumentar también el precio de devolución. Para un precio de mayoreo fijo, a medida que aumenta el precio de devolución, el detallista ordena más y también devuelve más. En nuestro análisis de la tabla 14-4, no hemos considerado el costo asociado con una devolución. Conforme aumenta el costo asociado con una devolución, los contratos de devolución se vuelven menos atractivos porque el costo de las devoluciones reduce las utilidades de la cadena de suministro. Si los costos de devolución son muy elevados, estos contratos reducen las utilidades totales de la cadena de suministro mucho más que lo que sucedería sin precio de devolución.

Para un precio fijo de mayoreo, un aumento en el precio de devolución siempre incrementa las utilidades del detallista. En general, existe un precio de devolución positivo, que es una fracción del precio de mayoreo al que el fabricante obtiene una utilidad más alta en comparación con no ofrecer precio de devolución. Observe también que las devoluciones aumentan más las utilidades del fabricante a medida que el margen del fabricante aumenta. Así, cuanto mayor sea el margen del fabricante, tanto más se beneficiará éste del uso de algún mecanismo como las devoluciones.

En 1932, Viking Press fue la primera editorial en aceptar devoluciones. En la actualidad, los contratos de devolución son muy comunes en la industria editorial y las empresas editoriales aceptan los libros que los detallistas no venden. Para minimizar el costo asociado con una devolución, los detallistas no tienen que devolver el libro, sino sólo la cubierta. Esto constituye un comprobante para la casa editorial de que el libro no se vendió y reduce el costo de la devolución. A través de los años, ha habido un debate considerable sobre el impacto de la política de devoluciones de las casas editoriales en las utilidades de la industria. Nuestro análisis proporciona cierta justificación del enfoque adoptado por los editores.

PUNTO CLAVE Los fabricantes pueden usar contratos de devolución para incrementar sus propias utilidades, así como las utilidades totales de la cadena de suministro. Las devoluciones alientan a los detallistas a incrementar el nivel de disponibilidad del producto.

En algunos casos, los fabricantes emplean subsidios del costo de mantener inventario o protección de los precios para alentar a los detallistas a ordenar más. Con los *subsidios del costo de mantener inventario,* los fabricantes pagan a los detallistas una cierta cantidad por cada unidad que mantengan en inventario durante un periodo determinado. Los subsidios del costo de mantener inventario predominan en las cadenas de suministro automotrices. En la industria de alta tecnología, en la que los productos pierden valor con rapidez, los fabricantes comparten

el riesgo de que el producto se vuelva obsoleto y ofrecen *apoyo en los precios* a los comerciantes detallistas. Muchos fabricantes garantizan que, en caso de que bajen los precios, también bajarán los precios de todos los inventarios que el detallista mantenga en ese momento. Como resultado, el costo para el detallista de mantener excedentes se limita al costo de capital y almacenamiento físico y no incluye la obsolescencia, que puede ser de más de 100% al año en los productos de alta tecnología. El detallista aumenta así el nivel de disponibilidad del producto en presencia del apoyo a los precios. Tanto los subsidios del costo de mantener inventario como el apoyo a los precios son formas de devolución.

Una de las desventajas de la cláusula de devoluciones (o cualquier práctica equivalente, como los subsidios del costo de mantener inventario o el apoyo a los precios) es que produce excedentes de inventario que deben venderse a valor de rescate o eliminarse. La tarea de devolver un producto que no se vende aumenta los costos de la cadena de suministro. El costo de las devoluciones puede eliminarse si el fabricante otorga al detallista una provisión para rebajas y le permite vender el producto con un descuento considerable. En general, las editoriales no solicitan actualmente a los detallistas que devuelvan los libros sin vender. En cambio, les otorgan una provisión para rebajas por los libros no vendidos. Los detallistas los rebajan y los venden con un descuento considerable.

Para un nivel dado de disponibilidad del producto en el detallista, la presencia de una cláusula de devolución también afecta negativamente las ventas porque provoca que el detallista realice menos esfuerzo por vender que si no hubiera devoluciones. El esfuerzo menor del detallista en presencia de un contrato de devolución ocurre debido a que la pérdida generada por el inventario sin vender es más alta que cuando no hay devoluciones, lo que produce un mayor esfuerzo de ventas. El proveedor puede contrarrestar la disminución del esfuerzo de ventas limitando la cantidad de devoluciones permitidas.

La estructura de una cláusula de devolución conduce a que toda la cadena de suministro reaccione al pedido colocado por el detallista y no a la demanda real de los clientes. Si un proveedor vende a varios detallistas, produce con base en los pedidos que coloca cada uno de ellos. Cada detallista basa su pedido en el costo de excedentes y faltantes (véase el capítulo 12). Después de que se concretan las ventas, cada detallista devuelve al proveedor por separado el inventario que no se vendió. La estructura de la cláusula de devolución aumenta la distorsión de la información cuando el proveedor vende a múltiples detallistas. Sin embargo, al final de la temporada de ventas, el proveedor obtiene la información sobre las ventas reales. La distorsión de la información se produce sobre todo por el hecho de que el inventario está desagregado en los detallistas. Si el inventario se centraliza en el proveedor y se envía sólo según las necesidades de los detallistas, se puede reducir la distorsión de la información. Con el inventario centralizado, el proveedor puede explotar la independencia de la demanda de todos los detallistas para mantener un nivel menor de inventario. En la práctica, la mayoría de los contratos de devolución han descentralizado el inventario en los detallistas. Como resultado, hay un alto nivel de distorsión de la información.

PUNTO CLAVE Los contratos de devolución conducen a un menor esfuerzo del detallista en caso de que haya excedentes de inventario y mayor distorsión de la información dentro de la cadena de suministro.

Contratos de reparto de ingresos

En los contratos de *reparto de ingresos,* el fabricante cobra al detallista un precio de mayoreo bajo c, y comparte una fracción f de los ingresos del detallista. Incluso si no se permiten devoluciones, el precio de mayoreo más bajo disminuye el costo para el detallista en caso de que se produzcan excedentes. Así, el detallista incrementa el nivel de disponibilidad del producto, lo que resulta en utilidades más altas tanto para el fabricante como para el detallista.

Suponga que el fabricante tiene un costo de producción v; el detallista cobra un precio de venta al público p y puede obtener un valor de rescate por las unidades sobrantes de s_R. La

cantidad óptima de pedido O^* ordenada por el detallista se evalúa usando las ecuaciones 12.1 y 12.2, donde el costo de faltantes es de $C_u = (1 - f)p - c$ y el costo de excedentes es de $C_u = c - s_R$. Así, obtenemos

$$CSL^* = \text{probabilidad(demanda} \leq O^*) = \frac{C_u}{C_u + C_o} = \frac{(1 - f)p - c}{(1 - f)p - s_R}$$

El fabricante obtiene el precio de mayoreo c por cada unidad comprada por el detallista y comparte los ingresos por cada unidad vendida por el detallista. El excedente esperado en el detallista se obtiene usando la ecuación 12.4. Las utilidades del fabricante se evalúan entonces como

$$\text{Utilidades esperadas del fabricante} = (c - v)\,O^* + fp(O^* - \text{excedente esperado en el detallista})$$

El detallista paga un precio de mayoreo c por cada unidad comprada y obtiene un ingreso de $(1 - f)p$ por cada unidad vendida y un ingreso de s_R por cada unidad excedente. La utilidad esperada del detallista se evalúa como

$$\text{Utilidad esperada del detallista} = (1 - f)p(O^* - \text{excedente esperado en el detallista}) + s_R \times \text{excedente esperado en el detallista} - cO^*$$

Volvemos al ejemplo de la tienda de música. El proveedor accede a vender cada disco a la tienda de música a $c = \$1$, pero la tienda de música accede a compartir 45% de los ingresos de cada disco vendido. Si cada disco tiene un precio de 10 dólares, el proveedor recibe 4.5 dólares por cada disco vendido y la tienda de música conserva 5.5 dólares. Ésta se ha fijado como objetivo un nivel de servicio de 81.8% (véase la ecuación 12.1) y aumenta el número de discos ordenados de 1,000 (cuando el precio del proveedor es de 5 dólares, sin reparto de ingresos) a 1,273. El incremento en el tamaño del pedido ocurre porque el detallista pierde sólo 1 dólar por disco que no venda (en lugar de 5 dólares por disco, sin reparto de ingresos) y, además, gana un margen de 4.5 dólares por cada disco que vende. Como resultado, las utilidades tanto del detallista (4,064 dólares) como del fabricante (4,367 dólares) se incrementan.

La tabla 14-5 presenta el resultado de compartir diferentes fracciones de ingresos f cuando la demanda de discos se distribuye normalmente, con una media de $\mu = 1{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma = 300$.

Por las tablas 14-4 y 14-5, observamos que el reparto de ingresos permite tanto al fabricante como al detallista aumentar sus utilidades en ausencia de devoluciones en comparación con el caso donde el mayorista vende a un precio fijo de 5 dólares sin devoluciones. Cuando cobra el precio al mayoreo de 5 dólares, el proveedor obtiene una utilidad de 4,000 dólares y la tienda de música obtiene una utilidad de 3,803 dólares (véase la tabla 14-4). Sin embargo, con un contrato de reparto de ingresos con el que comparte 45% de los ingresos (el proveedor obtiene in-

TABLA 14-5 Tamaño de los pedidos y utilidades en una cadena de suministro de música según diferentes contratos de reparto de ingresos

Precio de mayoreo c	*Fracción f que se comparte de los ingresos*	*Tamaño óptimo del pedido del detallista*	*Excedente esperado del detallista*	*Utilidad esperada del detallista*	*Utilidad esperada del proveedor*	*Utilidad esperada de la cadena de suministro*
\$1	0.30	1,320	342	\$5,526	\$2,934	\$8,460
\$1	0.45	1,273	302	\$4,064	\$4,367	\$8,431
\$1	0.60	1,202	247	\$2,619	\$5,732	\$8,350
\$2	0.30	1,170	223	\$4,286	\$4,009	\$8,395
\$2	0.45	1,105	179	\$2,881	\$5,269	\$8,150
\$2	0.60	1,000	120	\$1,521	\$6,282	\$7,803

gresos de 4.5 dólares por disco vendido), el proveedor obtiene una utilidad de 4,064 dólares y el detallista de 4,367 dólares. Como resultado de compartir los ingresos, el detallista aumenta la cantidad ordenada de 1,000 a 1,273.

Los contratos de reparto de ingresos también provocan que el detallista haga un menor esfuerzo por vender en comparación con el caso en que el detallista paga un precio al mayoreo por adelantado y conserva todos los ingresos de las ventas. La reducción en el esfuerzo se debe a que el detallista sólo recibe una fracción de los ingresos provenientes de cada venta. Una ventaja de los contratos de reparto de ingresos sobre los contratos de devolución es que no es necesario devolver ningún producto, con lo que se elimina el costo de las devoluciones. Los contratos de reparto de ingresos son más convenientes para productos que tienen costos variables bajos y un costo elevado de devoluciones. Un buen ejemplo de los contratos de reparto de ingresos es el que tiene Blockbuster para el alquiler de videos con los estudios cinematográficos. El estudio vende cada casete a Blockbuster a un precio bajo y comparte los ingresos generados por cada alquiler. Dado el precio bajo, Blockbuster compra muchas copias, lo que produce más alquileres y utilidades más altas tanto para Blockbuster como para el estudio.

El contrato de reparto de ingresos requiere una infraestructura de información que permita al proveedor monitorear las ventas del detallista. La construcción de dicha infraestructura puede ser costosa. Como resultado, es posible que los contratos de reparto de ingresos sean difíciles de administrar para un proveedor que vende a muchos compradores pequeños.

Como ocurre con los contratos de devolución, los de reparto de ingresos también provocan que la cadena de suministro produzca de acuerdo con los pedidos de los detallistas en lugar de basarse en la demanda real de los consumidores. Esta distorsión de la información produce un exceso de inventario en la cadena de suministro y un mayor desequilibrio entre la oferta y la demanda. La distorsión de la información aumenta a medida que se incrementa el número de detallistas a los cuales vende el proveedor. Como en los contratos de devolución, la distorsión de la información que provocan los contratos de reparto de ingresos puede reducirse si los detallistas reservan capacidad de producción o inventario con el proveedor en lugar de comprar los productos y mantenerlos en inventario ellos mismos. Esto permite la agregación de la variabilidad de muchos detallistas y el proveedor tiene que mantener un nivel menor de capacidad o inventario. En la práctica, sin embargo, la mayoría de los contratos de reparto de ingresos se implementan de modo que el detallista compra y mantiene inventario.

PUNTO CLAVE Los contratos de reparto de ingresos contrarrestan la doble marginación porque disminuyen el costo por unidad cargado al detallista, disminuyendo así efectivamente el costo de los excedentes. Los contratos de reparto de ingresos aumentan la distorsión de la información y provocan un menor esfuerzo del detallista en caso de que se produzcan excedentes, como sucede con los contratos de devolución.

Contratos de cantidad flexible

En los *contratos de cantidad flexible,* el fabricante permite al detallista cambiar la cantidad ordenada después de observar la demanda. Si un detallista ordena O unidades, el fabricante se compromete a proporcionar $Q = (1 + \alpha)O$ unidades, mientras que el detallista se compromete a comprar por lo menos $q = (1 - \beta)O$ unidades. Tanto α como β tienen valores entre 0 y 1. El detallista puede comprar hasta Q unidades, dependiendo de la demanda que observe. Estos contratos se parecen a los de devolución en el sentido de que el fabricante comparte ahora algo del riesgo de tener exceso de inventario. Debido a que no se requieren devoluciones, estos contratos son más eficaces que los de devolución cuando el costo de las devoluciones es alto. Los contratos de cantidad flexible aumentan la cantidad promedio que el detallista compra y pueden incrementar las utilidades totales de la cadena de suministro.

Suponga que el fabricante incurre en un costo de producción de $\$v$ por unidad y cobra un precio de mayoreo de $\$c$ al detallista. El detallista, a su vez, vende a los clientes al precio de $\$p$. El detallista recibe un valor de rescate de s_R por las unidades sobrantes. El fabricante recibe un valor de rescate de s_M por las unidades sobrantes. Si la demanda del detallista se distribuye

normalmente, con una media de μ y una desviación estándar de σ, podemos evaluar el impacto de un contrato de cantidad flexible. Si el detallista ordena O unidades, el fabricante se compromete a suministrarle Q unidades. Como resultado, suponemos que el fabricante produce Q unidades. El detallista compra q unidades si la demanda D es menor que q, D unidades si la demanda D se ubica entre q y Q, y Q unidades si la demanda es mayor que Q. Tenga en cuenta que en las siguientes fórmulas, F_S es la función de distribución normal acumulada estándar y f_S es la función de densidad normal estándar que se explicó en el apéndice 11A del capítulo 11. Así, obtenemos

$$\text{Cantidad esperada comprada por el detallista, } Q_R = qF(q) + Q[1 - F(Q)] + \mu\left[F_s\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - F_s\left(\frac{q-\mu}{\sigma}\right)\right] - \sigma\left[f_s\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - f_s\left(\frac{q-\mu}{\sigma}\right)\right]$$

$$\text{Cantidad esperada vendida por el detallista, } D_R = Q[1 - F(Q)] + \mu F_s\left(\frac{Q-\mu}{\sigma}\right) - \sigma f_s\left(\frac{q-\mu}{\sigma}\right)$$

$$\text{Excedente esperado del fabricante} = Q_R - D_R$$

$$\text{Utilidad esperada del detallista} = D_R \times p + (Q_R - D_R)s_R - Q_R \times c$$

$$\text{Utilidad esperada del fabricante} = Q_R \times c + (Q - Q_R)s_M - Q \times v$$

En nuestro ejemplo, la tienda de música coloca un pedido inicial de, digamos, 1,000 discos. Cuando se acerca la fecha de salida al mercado y la tienda tiene una mejor idea de cuál es la demanda real, se le permite modificar su pedido a cualquier cantidad entre (por ejemplo) 950 y 1,050. En este contrato, el detallista modifica su pedido a medida que dispone de mejor información sobre el mercado con el tiempo. A su vez, el proveedor sólo envía la cantidad de pedido modificada. La cantidad ordenada por el detallista es más acorde con la demanda real y produce utilidades más altas en la cadena de suministro. Para un proveedor, los contratos de cantidad flexible son convenientes si tiene capacidad flexible que pueda usar para producir por lo menos la parte incierta del pedido después de que el detallista ha decidido modificarlo. Un contrato de cantidad flexible también es eficaz si un proveedor vende a muchos detallistas con demanda independiente.

En la tabla 14-6 mostramos el impacto de diferentes contratos de cantidad flexible en la rentabilidad de la cadena de suministro de música cuando la demanda está distribuida normalmente, con una media de $\mu = 1{,}000$ y una desviación estándar de $\sigma = 300$. Suponemos un precio al mayoreo de $c = \$5$ y un precio de venta al público de $p = \$10$. En todos los contratos considerados $\alpha = \beta$.

En la tabla 14-6 observe que para precios al mayoreo de 6 y 7 dólares, los contratos de cantidad flexible permiten tanto al fabricante como al detallista incrementar sus utilidades. Observe

TABLA 14-6 Utilidades en una cadena de suministro de música según diferentes contratos de cantidad flexible

α	*β*	*Precio de mayoreo c*	*Tamaño de pedido O*	*Compra esperada del detallista*	*Venta esperada del detallista*	*Utilidad esperada del detallista*	*Utilidad esperada del proveedor*	*Utilidad esperada de la cadena de suministro*
0.00	0.00	$5	1,000	1,000	880	$3,803	$4,000	$7,803
0.20	0.20	$5	1,047	1,023	967	$4,558	$3,858	$8,416
0.40	0.40	$5	1,068	1,011	994	$4,884	$3,559	$8,443
0.00	0.00	$6	924	924	838	$2,841	$4,620	$7,461
0.20	0.20	$6	1,000	1,000	955	$3,547	$4,800	$8,347
0.30	0.30	$6	1,021	1,006	979	$3,752	$4,711	$8,463
0.00	0.00	$7	843	843	786	$1,957	$5,056	$7,013
0.20	0.20	$7	947	972	936	$2,560	$5,666	$8,226
0.40	0.40	$7	1,000	1,000	987	$2,873	$5,600	$8,473

que a medida que el fabricante aumenta el precio al mayoreo, es óptimo que ofrezca una mayor flexibilidad en la cantidad al detallista.

Los contratos de cantidad flexible son comunes para componentes en la industria electrónica y de computación. En el análisis anterior, consideramos contratos de cantidad flexible relativamente sencillos. Benetton ha usado con éxito contratos de cantidad flexible muy complejos con sus detallistas para aumentar las utilidades de la cadena de suministro. Describimos un contrato de este tipo en el contexto de las prendas tejidas de colores.[2]

Siete meses antes de la entrega, se requiere que los detallistas de Benetton coloquen sus pedidos. Considere a un detallista que coloca un pedido de 100 suéteres de cada color rojo, azul y amarillo. Entre uno y tres meses antes de la entrega, los detallistas pueden modificar hasta 30% de la cantidad ordenada de cualquier color y asignarla a otro color. Sin embargo, el pedido agregado no puede ajustarse en esta etapa. En potencia, el detallista puede cambiar el pedido a 70 suéteres rojos, 70 azules y 160 amarillos. Después del inicio de la temporada de ventas, se permite a los detallistas ordenar hasta 10% de su pedido anterior en cualquier color. Potencialmente, el detallista puede ordenar otros 30 suéteres amarillos. En este contrato de cantidad flexible, los detallistas de Benetton tienen una flexibilidad de hasta 10% del pedido agregado en todos los colores y aproximadamente 40% en cada color individual. Los detallistas pueden incrementar la cantidad ordenada hasta en 10% y ajustar la cantidad de cualquier color individual hasta en 40%. Esta flexibilidad concuerda con el hecho de que los pronósticos agregados son más precisos que los pronósticos para cada color en lo individual. Como resultado, los detallistas pueden ajustar mejor la disponibilidad del producto a la demanda. Benetton fabrica la parte garantizada del pedido usando un proceso de producción barato, pero con un tiempo de espera largo. La parte flexible del pedido (alrededor de 35%) se fabrica usando el aplazamiento de la diferenciación. El resultado es una mejor coincidencia de la oferta y la demanda a menor costo que en ausencia de dicho contrato. El contrato de cantidad flexible que Benetton ofrece permite tanto a los detallistas como a Benetton incrementar sus utilidades.

Si el proveedor tiene capacidad flexible, un contrato de cantidad flexible aumenta las utilidades de toda la cadena de suministro y también de cada parte en lo individual. El contrato de cantidad flexible requiere que el proveedor tenga a disposición inventario o exceso de capacidad flexible. Si el proveedor vende a múltiples detallistas con demanda independiente, la agregación del inventario produce un excedente de inventario más pequeño (véase el capítulo 11) con un contrato de cantidad flexible en comparación con un contrato de devolución o reparto de ingresos. Los inventarios pueden reducirse todavía más si el proveedor tiene exceso de capacidad flexible. Los contratos de cantidad flexible se prefieren para productos que tienen un costo marginal alto o en aquellos casos en que está disponible un exceso de capacidad. Para ser eficaces, los contratos de cantidad flexible requieren que el detallista sea hábil para recopilar información del mercado y mejorar sus pronósticos más cerca de la fecha de venta.

En relación con los contratos de devolución y reparto de ingresos, los de cantidad flexible tienen menos distorsión de la información. Considere el caso con múltiples detallistas. Con un contrato de devolución, la cadena de suministro debe producir con base en los pedidos de los detallistas que se colocan mucho antes de que se presente la demanda real. Esto lleva a que el inventario excedente se desagregue en cada detallista. Con un contrato de cantidad flexible, los detallistas especifican solamente el rango dentro del cual comprarán, mucho antes de que surja la demanda real. Si la demanda de varios detallistas es independiente, el proveedor no necesita planear la producción en el nivel superior del rango de pedido de cada detallista. Puede agregar la incertidumbre de todos los detallistas y acumular un nivel inferior de excedentes de inventario del que se necesitaría si el inventario estuviera desagregado en cada detallista. Entonces, los detallistas ordenan cuando la fecha de venta está más cercana y la demanda es más visible y menos incierta. La agregación de la incertidumbre produce menos distorsión de la información con un contrato de cantidad flexible.

[2] Véase Heskett y Signorelli (1984).

Como los otros contratos analizados, los de cantidad flexible producen un menor esfuerzo del detallista. En realidad, cualquier contrato que permita a los detallistas ofrecer un nivel más alto de disponibilidad del producto sin asignarles la responsabilidad total de los excedentes producirá un menor esfuerzo del detallista para vender un nivel dado de inventario.

PUNTO CLAVE Los contratos de cantidad flexible contrarrestan la doble marginación porque dan al detallista la posibilidad de modificar el pedido con base en los pronósticos mejorados que se hacen cuando la fecha de venta está más próxima. Estos contratos producen menos distorsión de la información que los contratos de devolución o reparto de ingresos cuando el proveedor vende a múltiples compradores o tiene exceso de capacidad flexible.

CONTRATOS PARA COORDINAR LOS COSTOS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Las diferencias en los costos del comprador y el proveedor también conducen a decisiones que aumentan los costos totales de la cadena de suministro. Un ejemplo es la decisión sobre el tamaño del lote de reabastecimiento que típicamente toma el comprador. Éste decide el tamaño óptimo de lote con base en el costo fijo por lote y el costo de mantener inventario. El comprador no toma en cuenta los costos del proveedor. Si éste tiene un costo fijo alto por lote, el tamaño de lote óptimo para el comprador aumenta el costo total del proveedor y de la cadena de suministro. En esta situación, el proveedor puede usar un contrato de cantidad múltiple para alentar al comprador a ordenar en tamaños de lote que minimicen los costos totales (véase el capítulo 10). El objetivo de tal contrato es alentar al detallista a comprar en lotes de tamaño más grande que reduzcan el costo para el proveedor y para toda la cadena de suministro.

Un contrato que prevea descuentos por cantidad reduce los costos totales, pero produce lotes de tamaño más grande y, por tanto, niveles más altos de inventario en la cadena de suministro. En general, sólo se justifica para productos básicos (*commodities*) en los que el proveedor tiene costos fijos altos por lote. Es importante modificar los términos del contrato cuando el proveedor realice mejoras en su operación que producen costos fijos menores por lote.

Los descuentos por cantidad aumentan la distorsión de la información en la cadena de suministro porque dichos contratos aumentan la división de los pedidos en lotes. Los detallistas ordenan con menor frecuencia y las variaciones de la demanda se exageran cuando se colocan los pedidos. El proveedor recibe información con menor frecuencia y todas las variaciones se incrementan debido a esta división en lotes. Esta distorsión de la información se analiza con mayor detalle en el capítulo 17.

PUNTO CLAVE Los descuentos por cantidad pueden coordinar los costos de la cadena de suministro si el proveedor tiene costos fijos altos por lote. Sin embargo, los descuentos por cantidad aumentan la distorsión de la información como resultado de la división de los pedidos en lotes.

CONTRATOS PARA AUMENTAR LOS ESFUERZOS DE LOS AGENTES

En muchas cadenas de suministro, los agentes actúan en representación de un mandante y los esfuerzos de los agentes afectan la recompensa del mandante. Como ejemplo, considere a un distribuidor de automóviles (el agente) que vende autos de DaimlerChrysler (el mandante). El distribuidor también vende otras marcas y autos usados. Cada mes, el distribuidor distribuye su esfuerzo de ventas (publicidad, promociones, etc.) entre todas las marcas que vende y los autos usados. Los ingresos de DaimlerChrysler se basan en las ventas de sus marcas, las que, a su vez, se ven afectadas por el esfuerzo invertido por el distribuidor. Las ventas se pueden observar directamente, mientras que el esfuerzo es difícil de observar y medir. Dada la doble marginación, el distribuidor siempre invierte menos esfuerzo del que sería óptimo desde la perspectiva de DaimlerChrysler y la cadena de suministro. Por tanto, DaimlerChrysler debe ofrecer un contrato de incentivos que estimule al distribuidor a incrementar el esfuerzo.

En teoría, una tarifa en dos partes ofrece los incentivos adecuados para que el distribuidor invierta la cantidad correcta de esfuerzo. En una tarifa en dos partes, DaimlerChrysler extrae sus utilidades por adelantado al cobrar derechos de franquicia y después vende automóviles al distribuidor al costo. El margen del distribuidor es el mismo que el de la cadena de suministro, y el distribuidor invierte la cantidad correcta de esfuerzo.

Otro contrato que se observa con mayor frecuencia en la práctica aumenta el margen del distribuidor a medida que las ventas traspasan ciertos umbrales. DaimlerChrysler ofreció un contrato a los distribuidores en el primer trimestre de 2001, que estaba estructurado más o menos como sigue: los distribuidores conservaban el margen obtenido de los clientes si las ventas del mes se ubicaban por debajo de 75% del objetivo acordado previamente. Sin embargo, si las ventas rebasaban 75%, pero no llegaban a 100%, el distribuidor recibía 150 dólares adicionales por automóvil vendido. Si las ventas eran superiores a 100%, pero menos de 110%, el distribuidor recibía 250 dólares adicionales por automóvil vendido. Si las ventas rebasaban 110% de la meta, el distribuidor recibía 500 dólares adicionales por automóvil vendido. DaimlerChrysler esperaba que al aumentar el margen en umbrales más altos, el distribuidor tendría un incentivo para invertir un mayor esfuerzo en las ventas de automóviles de DaimlerChrysler.

Aunque resulta evidente que los contratos umbral estimulan al distribuidor para que trate de alcanzar umbrales más altos, pueden aumentar considerablemente la distorsión de la información porque alientan al agente a exacerbar la variabilidad de la demanda. El primer mes después de haber anunciado el nuevo contrato, las ventas bajaron en la industria automovilística de Estados Unidos. Sin embargo, DaimlerChrysler experimentó una caída en las ventas equivalente a dos veces el promedio de la industria. Hay dos posibles causas de este comportamiento. Primera, según el contrato, el distribuidor gana más dinero si vende 900 automóviles un mes y 1,100 al siguiente en comparación con vender mil automóviles cada mes. El distribuidor tiene incentivos para transferir la demanda a través del tiempo para lograr este resultado, con lo que aumenta la distorsión de la información y la variación observada de la demanda. La segunda causa es que dentro de la primera semana del mes el distribuidor tiene idea del rango del umbral que probablemente alcanzará. Por ejemplo, si el distribuidor cree que puede traspasar con facilidad el umbral de 75%, pero tiene pocas oportunidades de cruzar el umbral de 100%, disminuirá sus esfuerzos de este mes y los guardará para después, porque el beneficio marginal de vender un automóvil adicional es de sólo 150 dólares. En contraste, si la demanda del mes es alta y el distribuidor considera que puede cruzar con facilidad el umbral de 100%, es probable que invierta esfuerzo adicional para alcanzar el umbral de 110% porque el beneficio marginal de alcanzar dicho umbral es muy alto. Así, el contrato de incentivos de DaimlerChrysler promueve la variación en el esfuerzo del distribuidor y exagera todavía más la variación que pueda haber en la demanda.

También se observa distorsión de la información en los contratos de umbral que ofrecen las compañías a su personal de ventas. Según estos contratos, se ofrecen premios al personal por traspasar umbrales de ventas durante un periodo específico (por ejemplo, un trimestre). El problema observado es que el esfuerzo de ventas y los pedidos alcanzan su nivel más alto en las últimas semanas del trimestre cuando los vendedores tratan de cruzar el umbral. Las ventas observadas son, pues, muy irregulares durante el trimestre. Esta distorsión de la información se presenta porque el incentivo se ofrece a través de un periodo fijo, que hace que las últimas dos semanas de cada trimestre se conviertan en un periodo de intensa actividad para todo el personal de ventas.

Dada la distorsión de la información que originan los contratos umbral, una pregunta clave es cómo la empresa puede reducir la distorsión de la información y mantener, al mismo tiempo, el incentivo para que el agente realice un esfuerzo adicional. Un método es ofrecer los incentivos relacionados con los umbrales a través de un horizonte móvil. Por ejemplo, si la empresa ofrece a su personal de ventas incentivos semanales basados en las ventas de las últimas 13 semanas, cada semana se convierte en la última del periodo de 13 semanas. Así, el esfuerzo de ventas es mayor incluso que cuando se compara con el caso en que todo el personal de ventas tiene la misma última semana para la evaluación de su gratificación. Dada la presencia de sistemas ERP, la implementación de un contrato con horizonte temporal móvil es mucho más sencilla que nunca en la actualidad.

PUNTO CLAVE Las tarifas en dos partes y los contratos umbral pueden usarse para contrarrestar la doble marginación y aumentar los esfuerzos de los agentes en una cadena de suministro. Los contratos umbral, sin embargo, aumentan la distorsión de la información y es mejor implementarlos a través de un horizonte móvil.

CONTRATOS PARA INDUCIR MEJORAS EN EL DESEMPEÑO

En muchos casos, el comprador quiere ver mejoras en el desempeño de un proveedor que tiene pocos incentivos para mejorar. Un comprador con suficiente poder en la cadena de suministro puede obligar al proveedor a cumplir. Un comprador sin el poder suficiente requiere un contrato apropiado para inducir al proveedor a mejorar el desempeño. Sin embargo, incluso para un comprador poderoso, un contrato diseñado apropiadamente para estimular la cooperación del proveedor produce un mejor resultado.

Como ejemplo, considere un comprador que quiere que el proveedor mejore su desempeño y reduzca el tiempo de espera de un artículo estacional. Éste es un componente importante de todas las iniciativas de respuesta rápida (QR, del inglés *quick response*) en una cadena de suministro. Con un tiempo de espera más corto, el comprador pretende tener pronósticos más precisos para poder ajustar mejor la oferta a la demanda. El proveedor debe realizar la mayoría del trabajo para reducir el tiempo de espera, mientras que el comprador recibe la mayor parte del beneficio. De hecho, el proveedor pierde ventas porque el comprador mantiene un menor inventario de seguridad debido a los tiempos de espera más cortos y los pronósticos mejorados. Para inducir al proveedor a que reduzca el tiempo de espera, el comprador puede usar un *contrato de ahorros compartidos,* en el que el proveedor recibe una parte de los ahorros que produce acortar el tiempo de espera. Siempre que la parte de los ahorros que corresponda al proveedor compense los esfuerzos que éste invierte, su incentivo estará alineado con el del comprador, lo que producirá un resultado beneficioso para ambas partes.

Una cuestión similar se presenta cuando un comprador quiere alentar al proveedor a que mejore la calidad. El mejoramiento de la calidad de los suministros mejora los costos del comprador, pero requiere un esfuerzo adicional por parte del proveedor. Una vez más, un contrato de ahorros compartidos es una buena forma de alinear los incentivos entre el comprador y el proveedor. El comprador puede compartir con el proveedor los ahorros generados por la calidad mejorada. Esto alentará al proveedor a mejorar la calidad en un nivel más alto del que elegiría en ausencia de los ahorros compartidos.

Otro ejemplo se presenta en el contexto de las sustancias químicas tóxicas que puede utilizar el fabricante. Al fabricante le gustaría reducir el uso de dichas sustancias. En general, el proveedor está mejor equipado para identificar las maneras de reducir la utilización de estas sustancias químicas porque éste es su negocio central. No tiene incentivos para trabajar con el comprador a fin de reducir el uso de estas sustancias químicas porque esto reduciría las ventas del proveedor. Para alinear los incentivos entre el proveedor y el fabricante también puede usarse un contrato de ahorros compartidos. Si el fabricante comparte con el proveedor los ahorros que resultan de una reducción en el uso de sustancias químicas tóxicas, éste hará el esfuerzo de reducir el uso de las sustancias químicas siempre que la parte que le corresponda de los ahorros compense la pérdida de margen provocado por la disminución de las ventas.

En general, los contratos de ahorros compartidos son eficaces para alinear los incentivos del proveedor y el comprador cuando se requiere que el primero mejore su desempeño respecto a una dimensión en particular y el comprador disfruta de la mayoría de los beneficios de la mejora. Un comprador poderoso puede combinar los ahorros compartidos con penalizaciones por falta de mejoría, para estimular aún más al proveedor a mejorar el desempeño. Dichos contratos aumentan las utilidades tanto para el comprador como para el proveedor y obtienen resultados que son beneficiosos para la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE Los contratos de ahorros compartidos pueden usarse para inducir mejoras en el desempeño de un proveedor respecto a ciertas dimensiones, como el tiempo de espera, donde el beneficio de la mejora es sobre todo para el comprador, mientras que el esfuerzo por mejorar es principalmente del proveedor.

14.7 COLABORACIÓN EN EL DISEÑO

Dos estadísticas importantes resaltan la importancia de la colaboración entre el fabricante y los proveedores en el diseño del producto. En la actualidad, típicamente entre 50 y 70% del gasto de un fabricante se relaciona con el abastecimiento, en comparación con sólo alrededor de 20% hace varias décadas. En general, se acepta que aproximadamente 80% del costo de una parte comprada se fija durante la etapa de diseño. Por tanto, es crucial que el fabricante colabore con los proveedores durante la etapa de diseño a fin de mantener en un nivel bajo los costos del producto. La colaboración en el diseño puede reducir el costo del material comprado y también los costos de logística y fabricación. La colaboración en el diseño también es importante para una compañía que trata de ofrecer mucha variedad y personalización, ya que el no hacerlo puede elevar considerablemente el costo de la variedad.

Cuando se trabaja con los proveedores, se puede acelerar considerablemente el tiempo de desarrollo de un producto. Esto es crucial en una época en que los ciclos de vida de los productos se están acortando y en que llevar un producto al mercado antes que la competencia ofrece una ventaja competitiva importante. Por último, la incorporación del proveedor en la fase de diseño permite al fabricante centrarse en la integración del sistema, lo que resulta en un producto de mayor calidad a menor precio. Por ejemplo, cada vez más los fabricantes de automóviles desempeñan la función de integradores del sistema en lugar de diseñadores de componentes. Este método se ha usado exhaustivamente en la industria de alta tecnología.

A medida que los proveedores asumen una función más decisiva en el diseño, es importante que los fabricantes también se conviertan en coordinadores de diseño en la cadena de suministro. Las descripciones de las partes comunes deben estar a disposición de todas las partes que intervienen en el diseño, y los cambios en éste que realice cualquiera de las partes deben comunicarse a todos los proveedores afectados. Una buena base de datos de las partes y diseños existentes puede ahorrar cantidades considerables de tiempo y dinero. Por ejemplo, cuando Johnson Controls encuentra un bastidor para el asiento de un automóvil en su base de datos que satisface las necesidades de un cliente, le ahorra a éste aproximadamente 20 millones de dólares en gastos de diseño, desarrollo, fabricación y prototipos.

Una encuesta realizada por el Procurement and Supply Chain Benchmarking Consortium en la Universidad Estatal de Michigan demuestra de manera espectacular el impacto de la integración exitosa de los proveedores al diseño del producto. Los esfuerzos de integración más exitosos han logrado reducir los costos en 20%, mejorar la calidad en 30% y reducir el tiempo para llegar al mercado en 50%.

Los principales temas que deben comunicarse a los proveedores cuando asumen mayor responsabilidad por el diseño son el diseño para logística y el diseño para fabricación. En el primer caso, se trata de reducir los costos de transporte, manejo e inventario durante la distribución mediante la adopción de las medidas apropiadas en el diseño. Para reducir los costos de transporte y manejo, el fabricante debe comunicar al diseñador el tamaño de los pedidos esperados de los detallistas y consumidores finales. Entonces, se pueden diseñar los empaques para que los costos de transporte se reduzcan y los de manejo se minimicen. Para reducir el costo de transporte, el empaque se mantiene lo más compacto posible y también se diseña para facilitar la estiba. Para reducir los costos de manejo, el tamaño de los empaques se diseña de modo que se minimice la necesidad de dividir un empaque para surtir un pedido.

Para reducir los costos de inventario, el método principal consiste en diseñar el producto de manera que permita aplazar su diferenciación y facilite la personalización masiva (véase el capítulo 11). Las estrategias de aplazamiento aspiran a diseñar un producto y proceso de producción de modo que las características que diferencian el producto final se introduzcan hacia el final de la fase de fabricación. Como se explicó en el capítulo 11, Dell diseña sus computadoras personales de modo que todos los componentes que los clientes pueden elegir se ensamblen después de que se reciba el pedido del cliente. Esto permite a Dell disminuir los inventarios y agregarlos como componentes. Las estrategias de personalización masiva emplean un método parecido y el producto se diseña de modo que el inventario pueda mantenerse en una forma que agregue múltiples productos finales. El objetivo es diseñar un producto para que la personalización ocurra de conformidad con una combinación de las siguientes tres categorías de personalización: modular, ajustable y dimensional. Para proporcionar *personalización modular,* el

producto se diseña como un ensamble de módulos que se unen. Todo el inventario se mantiene como módulos que se ensamblan sobre pedido. Un buen ejemplo de personalización modular es el ensamble de computadoras personales en Dell. Un ejemplo de *personalización ajustable* es una lavadora diseñada por Matsushita que puede seleccionar automáticamente entre 600 ciclos diferentes. Todo el inventario se mantiene como un solo producto y cada cliente usa la máquina para satisfacer sus necesidades específicas. Joseph Pine (1999) presenta un ejemplo de *personalización dimensional* de una máquina que fabrica a domicilio canalones personalizados para casas, los cuales pueden cortarse para adaptarlos a las dimensiones de cada casa. Otro ejemplo es National Bicycle, que corta los tubos del cuadro de la bicicleta para adaptarlos al tamaño de cuerpo del cliente.

El *diseño para fabricación* trata de diseñar los productos de modo que resulte fácil fabricarlos. Algunos de los principios esenciales empleados incluyen los componentes comunes, la eliminación de partes derechas e izquierdas, el diseño de partes simétricas, la combinación de partes, el uso de partes de catálogo en lugar de diseñar una nueva parte y el diseño de las partes para proporcionar acceso a otras partes y herramientas.

PUNTO CLAVE La colaboración de los proveedores en el diseño puede ayudar a una empresa a reducir los costos, mejorar la calidad y reducir el tiempo para llegar al mercado. Cuando los proveedores comparten la responsabilidad del diseño, es importante asegurar que se sigan los principios de diseño para logística y diseño para fabricación. Para alcanzar el éxito, los fabricantes tienen que convertirse en coordinadores eficaces de diseño en la cadena de suministro.

Un buen ejemplo que permite apreciar los esfuerzos de colaboración en el diseño se encuentra en la industria automotriz. Los fabricantes de automóviles de todo el mundo están pidiendo a sus proveedores que participen en todos los aspectos del desarrollo del producto, desde el diseño conceptual hasta la fabricación. Por ejemplo, Ford pidió a los proveedores del modelo Thunderbird no sólo que fabricaran los componentes y subsistemas, sino también que se hicieran responsables del diseño. La integración sólida a través de la cadena de suministro permitió a Ford lanzar el nuevo modelo al mercado a los 36 meses de haber aprobado el programa. Para garantizar la comunicación eficaz, Ford requirió que todos sus proveedores tuvieran la misma plataforma de software para el diseño. También abrió todas sus bases de datos internas a sus proveedores y asignó a muchos de sus proveedores un espacio propio de oficinas. Los ingenieros de Ford estuvieron en comunicación constante con los proveedores y ayudaron a coordinar el diseño en general. El resultado fue una mejora significativa en costo, tiempo y calidad.

14.8 EL PROCESO DE APROVISIONAMIENTO

Después de seleccionar a los proveedores, celebrar los contratos correspondientes y diseñar el producto, el comprador y los proveedores realizan transacciones de aprovisionamiento que empiezan cuando el comprador coloca el pedido y terminan cuando recibe y paga el pedido. Al diseñar el proceso de aprovisionamiento, es importante considerar los bienes para cuya compra se usará el proceso. Hay dos categorías principales de bienes comprados: materiales directos e indirectos. Los *materiales directos* son componentes empleados para fabricar productos terminados. Por ejemplo, la memoria, los discos duros y las unidades de CD son materiales directos para un fabricante de computadoras. Los *materiales indirectos* son bienes que se usan para apoyar las operaciones de una empresa. Las computadoras son ejemplos de materiales indirectos para un fabricante de automóviles. Todos los procesos de aprovisionamiento dentro de una compañía se relacionan con la compra de materiales directos e indirectos. Las diferencias importantes entre los materiales directos e indirectos que afectan el aprovisionamiento se muestran en la tabla 14-7.

TABLA 14-7 Diferencias entre materiales directos e indirectos

	Materiales directos	*Materiales indirectos*
Uso	Producción	Mantenimiento, reparación y operaciones de apoyo
Contabilidad	Costo de los bienes vendidos	Gastos de venta, generales y administrativos
Impacto en la producción	Cualquier retraso demora la producción	Menos impacto directo
Costo de procesamiento en relación con el valor de la transacción	Bajo	Alto
Número de transacciones	Bajo	Alto

Dado el vínculo directo con la producción, el proceso de aprovisionamiento de materiales directos debe diseñarse para garantizar que haya componentes disponibles en el lugar adecuado, en la cantidad correcta y en el momento indicado. La meta principal del proceso de aprovisionamiento de materiales directos es coordinar toda la cadena de suministro y asegurar que la oferta se ajuste a la demanda. Así pues, el proceso de aprovisionamiento debe diseñarse para que los planes de producción y los niveles actuales del inventario de componentes del fabricante sean visibles para el proveedor. Esta visibilidad permite a los proveedores programar la producción de componentes para ajustarla a las necesidades del fabricante. La capacidad disponible de los proveedores debe hacerse visible para el fabricante, de modo que los pedidos de componentes puedan asignarse al proveedor adecuado para garantizar la entrega a tiempo. El proceso de aprovisionamiento también debe tener alertas que adviertan tanto al comprador como al proveedor de los posibles desequilibrios entre la oferta y la demanda.

Un buen ejemplo de un proceso de aprovisionamiento que se centra en estos objetivos es la iniciativa eHub de Cisco. eHub se diseñó para proporcionar planeación sincronizada y visibilidad de la cadena de suministro de un extremo a otro. Finalmente, Cisco planea incluir más de 2,000 de sus proveedores, distribuidores y fabricantes por contrato de componentes electrónicos en su red de comercio privada. Otro ejemplo es la relación entre Johnson Controls y DaimlerChrysler para el Jeep Liberty 2002. Johnson Controls integró los componentes de 35 proveedores y entregó la unidad ensamblada a Chrysler como un módulo de cabina. En cuanto Chrysler le informaba de un pedido de un Jeep, Johnson Controls disponía de 204 minutos para construir y entregar el módulo. Esto se realizó 900 veces todos los días con alrededor de 200 combinaciones diferentes de colores e interiores. El enfoque del proceso de aprovisionamiento se centraba en sincronizar por completo la producción en DaimlerChrysler y Johnson Controls. El resultado fue una reducción considerable en los inventarios y un mejor ajuste de la oferta del producto a la demanda del consumidor final.

Dado el enfoque en numerosas transacciones de bajo valor, el proceso de aprovisionamiento de materiales indirectos debe centrarse en reducir el costo de transacción de cada pedido. Los costos de transacción de los materiales indirectos son altos debido a la dificultad de seleccionar los bienes (muchos catálogos, que a menudo son viejos y obsoletos), obtener aprobación y crear y enviar una orden de compra. El problema se exacerba a menudo porque las compañías no tienen un sistema para los materiales indirectos. En cambio, usan varios procesos que no se han racionalizado o integrado. Un buen proceso de aprovisionamiento electrónico que facilita la búsqueda y automatiza la aprobación y transmisión de la orden de compra puede ayudar a reducir los costos de transacción. El proceso de aprovisionamiento electrónico también debe poner al día a otras partes interesadas, como las áreas de cuentas por pagar y por cobrar. Como es obvio, esto sólo es posible con proveedores que implementan catálogos en línea y automatizan todas las transacciones con el comprador. Los ejemplos exitosos de implementaciones de aprovisionamiento electrónico incluyen a Johnson Controls y a Pfizer. Ambas empresas crearon sus soluciones de aprovisionamiento electrónico integrando software existente. Johnson Controls integró una solución de Commerce One con el software de contabilidad de Oracle,

en tanto que Pfizer integró un sistema de Ariba con un programa de tarjetas corporativas de compras de American Express. Las dos empresas aseguran que han ahorrado mucho como resultado de esta integración.

Otro requisito importante del proceso de aprovisionamiento tanto de materiales directos como indirectos es tener la capacidad de agregar los pedidos por producto y por proveedor. Para los materiales directos, la consolidación de los pedidos mejora las economías de escala del proveedor y durante el transporte, y permite a la empresa aprovechar los descuentos por cantidad que ofrezca el proveedor. Para los materiales indirectos, la consolidación del gasto con un proveedor a menudo permite a la empresa negociar mejores descuentos en sus compras.

PUNTO CLAVE El proceso de aprovisionamiento de materiales directos debe centrarse en mejorar la coordinación y visibilidad con el proveedor. El proceso de aprovisionamiento de materiales indirectos debe centrarse en reducir el costo de transacción de cada pedido. El proceso de aprovisionamiento en ambos casos debe consolidar los pedidos para aprovechar las economías de escala y los descuentos por cantidad.

Además de la clasificación de los materiales en directos e indirectos, todos los productos comprados también pueden catalogarse como se muestra en la figura 14-2, con base en su valor o costo y lo críticos que son.

La mayoría de los materiales indirectos se incluyen en los artículos generales. La meta del aprovisionamiento en este caso debe ser reducir el costo de adquisición o el costo de transacción. Los materiales directos se subdividen en: compras a granel, artículos críticos y artículos estratégicos. En cuanto a la mayoría de los artículos que se compran a granel, como los materiales de empaque y las sustancias químicas a granel, los proveedores se inclinan a tener el mismo precio de venta. Por lo tanto, es importante que antes de comprar se establezca una distinción entre los proveedores con base en los servicios que ofrecen y su desempeño respecto a las dimensiones que afectan el costo total de la propiedad. El uso de subastas bien diseñadas probablemente es lo más eficaz para comprar artículos a granel. Los artículos críticos incluyen componentes con tiempos de espera largos y sustancias químicas especializadas. El objetivo clave del abastecimiento de artículos críticos no es el precio bajo, sino garantizar la disponibilidad. En este caso, Compras debe trabajar para mejorar la coordinación de los planes de producción tanto en el comprador como en el proveedor. La presencia de una fuente de suministro con capacidad de respuesta, aunque sea de alto costo, como alternativa puede ser muy valiosa

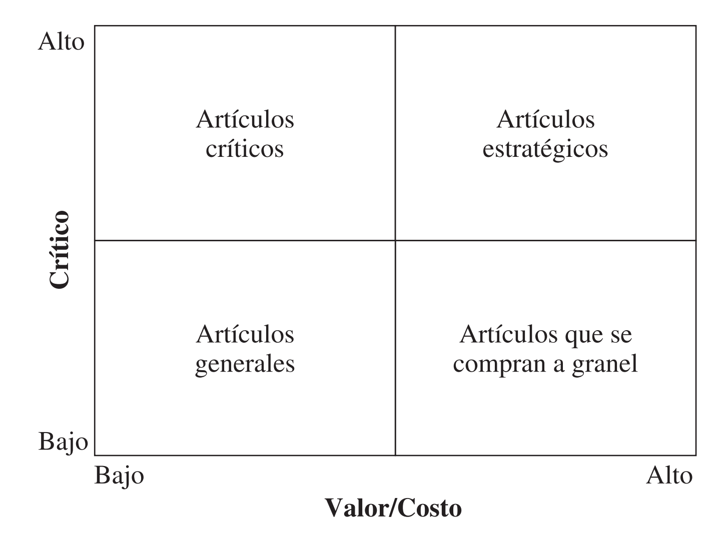


FIGURA 14-2 Clasificación de productos por valor y carácter crítico

para artículos críticos. La última categoría, los artículos estratégicos, incluye ejemplos como componentes electrónicos para un fabricante de automóviles. Para los artículos estratégicos, la relación entre comprador y proveedor es a largo plazo. En consecuencia, los proveedores deben ser evaluados con base en el costo o valor vitalicio de la relación. Compras debe buscar proveedores que puedan colaborar en la fase de diseño y coordinar las actividades de diseño y producción con otros actores de la cadena de suministro.

14.9 PLANEACIÓN Y ANÁLISIS DEL APROVISIONAMIENTO

Periódicamente, cada empresa debe analizar su gasto de aprovisionamiento y el desempeño de sus proveedores, y usar esta información para tomar decisiones de abastecimiento en el futuro. Un análisis importante es la agregación del gasto entre y dentro de todas las categorías y proveedores. La agregación proporciona visibilidad respecto a lo que la compañía compra y a quiénes se compra los productos. Los gerentes pueden usar esta información para determinar las cantidades económicas de pedido, los descuentos por volumen y los descuentos por cantidad proyectados sobre los volúmenes futuros. Un paso sencillo consiste en consolidar el gasto y asegurar que la cantidad económica de pedido coincida con la cantidad económica de producción del proveedor. Así, los gerentes pueden realizar mejores economías de escala y utilizar los recursos con mayor eficacia.

La segunda parte del análisis se relaciona con el desempeño del proveedor. Éste debe medirse contra el plan en todas las dimensiones que afectan el costo total, como capacidad de respuesta, tiempos de espera, entrega a tiempo, calidad y precisión de la entrega.

El análisis del gasto y desempeño del proveedor debe usarse para decidir la cartera de proveedores que se usará y la distribución de la demanda entre los proveedores elegidos. Como se explicó en el capítulo 12, la cartera, por lo general, no debe estar formada por proveedores similares, sino que debe construirse de modo que una fuente de abastecimiento se desempeñe muy bien en una dimensión, mientras que otra fuente lo haga de igual modo en otra dimensión completamente diferente. Por ejemplo, una compañía puede abastecerse más eficazmente usando un proveedor de bajo costo con tiempos de espera más largos junto con un proveedor de alto costo, con tiempos de espera cortos, en comparación con usar un solo tipo de proveedor. Asimismo, no debe pasarse por alto una fuente que ofrezca calidad ligeramente inferior si es mucho más barata que otras fuentes. Además, no es eficaz usar sólo la fuente barata, pero de calidad inferior. Puede ser muy eficaz usar la fuente más barata, pero de calidad inferior junto con una fuente de calidad superior, pero más cara.

Una vez que se ha determinado la cartera de proveedores, la siguiente cuestión es la distribución de la demanda entre los proveedores. La distribución debe relacionarse con la cantidad económica de fabricación de cada proveedor y su costo de suministro. El proveedor de bajo costo debe recibir pedidos grandes y constantes, independientes de la demanda, mientras que el proveedor flexible debe recibir pedidos pequeños que fluctúan con la demanda. El proveedor flexible tiene cantidades económicas de pedido menores y puede adaptarse mejor a las fluctuaciones. La combinación de proveedores da como resultado un mejor equilibrio entre la oferta y la demanda, a un costo menor que el de usar un solo tipo de proveedor.

PUNTO CLAVE El gasto en aprovisionamiento debe analizarse por parte y proveedor para asegurar las economías de escala que correspondan. El análisis del desempeño de cada uno debe usarse para crear una cartera que ofrezca cualidades complementarias. Los proveedores más baratos, pero con desempeño inferior, deben usarse para abastecer la demanda básica, mientras que los proveedores más caros, pero con desempeño superior, deben usarse para protegerse contra variaciones en la demanda y la oferta de la otra fuente.

14.10 EL PAPEL DE LA TI EN EL APROVISIONAMIENTO

La TI relacionada con el aprovisionamiento ha tenido más altibajos que ningún otro sector de software de la cadena de suministro. El software de aprovisionamiento creó muchos mercados electrónicos a finales de la década de 1990 que se esperaba que transformaran la compra de bienes y servicios. Empresas como Chemdex y VerticaNet prometían ser la tienda de servicios completos donde todos los miembros de una industria comprarían y venderían sus productos. Por un tiempo, pareció que las empresas que producían software de aprovisionamiento crearían las herramientas de estos nuevos centros de comercio a través de los cuales fluirían todas las transacciones. Vendían los picos y palas de todas las minas de oro metafóricas que iban a ser dichos mercados.

Desafortunadamente, el mercado electrónico, en la mayoría de los casos, ha aparecido y desaparecido, y la gran mayoría de estos mercados electrónicos han quedado inservibles. Eso no significa que el uso de la TI en el aprovisionamiento haya aparecido y desaparecido. Hoy día hay una amplia variedad de áreas donde la TI se emplea en el aprovisionamiento. De hecho, hay una mayor diversidad de productos informáticos de aprovisionamiento que en la mayoría de las áreas de TI de la cadena de suministro. Todos los procesos dentro del proceso de administración de las relaciones con los proveedores se manejan con software de TI. A continuación se presenta una exposición de algunas de las principales áreas de productos de TI dentro del rubro de aprovisionamiento.

Colaboración en el diseño. Este software está destinado a mejorar el diseño de los productos mediante la colaboración entre fabricantes y proveedores. El software facilita la selección conjunta (con los proveedores) de los componentes que tienen características positivas para la cadena de suministro, como facilidad de fabricación o uso de componentes comunes en varios productos finales. Otras actividades de colaboración en el diseño incluyen compartir las órdenes de cambios de ingeniería entre el fabricante y sus proveedores. Esto elimina los costosos retrasos que ocurren cuando varios proveedores diseñan componentes al mismo tiempo para el producto del fabricante.

Aprovisionamiento. El software de aprovisionamiento brinda asistencia en la calificación de los proveedores y ayuda en la selección de proveedores, administración de contratos y evaluación de proveedores. Un objetivo importante es analizar la cantidad que una empresa gasta con cada proveedor, lo que a menudo revela tendencias valiosas o áreas para mejorar. Los proveedores son evaluados con base en varios criterios esenciales, que incluyen el tiempo de espera, confiabilidad, calidad y precio. Esta evaluación ayuda a mejorar el desempeño de los proveedores y ayuda a seleccionarlos. La administración de contratos es también una parte importante del aprovisionamiento, ya que muchos contratos con proveedores tienen detalles complejos a los que debe darse seguimiento (como las reducciones de precio relacionadas con el volumen). El software exitoso en esta área ayuda a analizar el desempeño de los proveedores y a administrar los contratos.

Negociación. Las negociaciones con los proveedores comprenden muchos pasos, empezando con una solicitud de cotización (RFQ, del inglés *request for quote*). El proceso de negociación también puede incluir el diseño y la ejecución de las subastas. El objetivo de este proceso es negociar un contrato eficaz que especifique los parámetros de precio y entrega de un proveedor que manera que se ajuste mejor a las necesidades de la empresa. El software exitoso automatiza el proceso de RFQ y la ejecución de las subastas.

Compras. El software para "compras" ejecuta el aprovisionamiento real de material de los proveedores. Esto incluye la creación, administración y aprobación de las órdenes de compra. El software exitoso en esta área automatiza el proceso de aprovisionamiento y ayuda a reducir el costo y tiempo de procesamiento.

Colaboración en el suministro. Una vez que se establece un acuerdo de abastecimiento entre la empresa y el proveedor, el desempeño de la cadena de suministro puede

mejorar con la colaboración en los pronósticos, planes de producción y niveles de inventario. La meta de la colaboración es garantizar un plan común para toda la cadena de suministro. El buen software en esta área debe facilitar los pronósticos y la planeación colaborativa en la cadena de suministro.

El obstáculo más importante para el éxito del software de aprovisionamiento es que los empleados simplemente no quieren usarlo. Como el software de aprovisionamiento a menudo limita lo que se puede comprar, a mucha gente le irrita la pérdida de libertad para comprar lo que cree que son los mejores artículos para su compañía. En muchos casos, la gente evade el sistema y compra los productos que quiere incluso si el sistema no permite comprarlos. Otra dificultad típica se presenta cuando el uso exitoso del sistema de TI requiere colaboración entre varias empresas. Esto siempre es difícil de lograr, ya que todas las empresas tienen que estar convencidas de los beneficios de usar el sistema y, a menudo, cada empresa sospecha de las demás. Sin embargo, si la colaboración es exitosa, los beneficios pueden ser significativos.

El espacio de administración de las relaciones con los proveedores tiene tres grupos de competidores. Dos de los mejores grupos se centran exclusivamente en el aprovisionamiento; uno se enfoca en la colaboración en el diseño y el otro en el aprovisionamiento. Las principales empresas de colaboración en el diseño incluyen a Agile y Matrix One, mientras que la empresa líder en aprovisionamiento es Ariba. La tercera categoría está formada, como siempre, por las empresas de ERP, dentro las cuales, SAP y Oracle son las más fuertes.

14.11 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN EL APROVISIONAMIENTO

Los riesgos del aprovisionamiento pueden provocar incapacidad para satisfacer la demanda a tiempo, un aumento en los costos de aprovisionamiento o la pérdida de la propiedad intelectual. Es importante trazar estrategias de mitigación que contribuyan a atenuar una parte considerable del riesgo.

La incapacidad para satisfacer la demanda a tiempo se presenta debido a la interrupción o demora de la fuente de abastecimiento. El riesgo de interrupción del suministro puede ser serio, en especial cuando se cuenta con una o muy pocas fuentes. Esto se hizo particularmente evidente cuando uno de los dos proveedores de la vacuna de la gripe en Estados Unidos no pudo abastecerla en 2004 debido a la contaminación. Para mitigar el riesgo de interrupción, se pueden contratar múltiples fuentes de aprovisionamiento. Debido al alto costo de contratar múltiples fuentes de aprovisionamiento y la pérdida resultante de las economías de escala, es mejor hacerlo cuando los productos tienen demanda relativamente alta, ya que es muy caro con productos que tienen demanda baja. Para mitigar las demoras de una fuente de suministro se puede mantener inventario o contar con una fuente de reserva que tenga mejor capacidad de respuesta. Es mejor mantener inventario en el caso de los productos de valor bajo que no se vuelven obsoletos con rapidez, mientras que se prefiere contar con una fuente de reserva con buena capacidad de respuesta para productos de valor alto y cuyo ciclo de vida es corto.

El riesgo de que aumenten los costos de aprovisionamiento puede ser considerable cuando la demanda del producto en toda la industria es superior a la oferta disponible, los tipos de cambio son desfavorables o hay una sola fuente de abastecimiento. Por ejemplo, los precios del acero y el petróleo crudo alcanzaron niveles muy altos en 2004 y 2005 debido a la alta demanda global ante la capacidad de oferta limitada. Una cartera de contratos a corto y largo plazos puede ayudar a mitigar el riesgo de tener costos de aprovisionamiento más altos. Por ejemplo, un factor que contribuyó de manera importante a las utilidades de Southwest Airlines en 2004 y 2005 fue los contratos a largo plazo que la empresa había celebrado para la compra de combustible. El riesgo del tipo de cambio puede mitigarse usando coberturas financieras o creando una red de suministro global que sea suficientemente flexible para reconfigurarla con base en las fluctuaciones del tipo de cambio. El riesgo de retraso debido a una sola fuente de abastecimiento puede contrarrestarse creando fuentes alternativas o desarrollando internamente parte de la capacidad de abastecimiento.

El riesgo de la propiedad intelectual puede mitigarse si la producción delicada se realiza o mantiene dentro de la empresa. Incluso cuando la producción se subcontrata, las empresas pueden mantener la propiedad de parte del equipo si se considera que éste tiene valor considerable en cuanto a propiedad intelectual se refiere. Ésta es la razón por la que Motorola es propietaria del equipo de pruebas que utilizan sus fabricantes por contrato.

14.12 TOMA DE DECISIONES SOBRE APROVISIONAMIENTO EN LA PRÁCTICA

1. ***Usar equipos multifuncionales.*** Las estrategias eficaces de aprovisionamiento son resultado de la colaboración multifuncional dentro de la empresa. Es probable que una estrategia de aprovisionamiento del grupo de compras sea relativamente limitada y se centre en el precio de compra. Una estrategia formulada con la colaboración de compras, fabricación, ingeniería y planeación tiene muchas más probabilidades de identificar las directrices correctas del costo total. La colaboración debe continuar después de la formulación de la estrategia en la fase de abastecimiento, porque ahí es donde fabricación e ingeniería tienen más probabilidades de realizar todos los beneficios de una buena estrategia de aprovisionamiento.

2. ***Asegurar la coordinación apropiada entre regiones y unidades de negocios.*** La coordinación de las compras entre todas las regiones y unidades de negocios permite a una empresa maximizar las economías de escala en las compras y también reducir los costos de transacción. Sin embargo, otras oportunidades que se presentan con un mejor aprovisionamiento, como una mayor coordinación de la cadena de suministro y la colaboración en el diseño, pueden requerir una participación decidida de las unidades de negocios para ser realmente eficaces. Exigir la coordinación global entre todas las unidades de negocios puede complicar estos esfuerzos. Los artículos como los suministros de MRO, cuyos costos de transacción y volumen total de compra tienen impacto significativo en el costo total, se benefician más de las compras coordinadas en zonas geográficas y unidades de negocios. Por otro lado, los artículos de los que se extrae más valor de una mejor colaboración en el diseño y de los pronósticos coordinados en la cadena de suministro y el surtido se benefician más del aprovisionamiento un tanto más descentralizado.

3. ***Evaluar siempre el costo total de propiedad.*** Una estrategia eficaz de aprovisionamiento no debe tener como objetivo exclusivo la reducción de precios. Todos los factores que influyen en el costo total de propiedad deben identificarse y usarse para seleccionar a los proveedores. El desempeño de éstos con respecto a todas las dimensiones pertinentes debe medirse, y es necesario cuantificar su impacto en el costo total. Centrarse en el costo total de propiedad también permite al comprador identificar las oportunidades para una mejor colaboración en el diseño, planeación y surtido.

4. ***Establecer relaciones a largo plazo con los principales proveedores.*** Un principio básico del buen aprovisionamiento es que un comprador y un proveedor que trabajan en conjunto pueden generar más oportunidades para ahorrar que las dos partes trabajando de manera independiente. La cooperación sólida sólo se logra cuando las dos partes tienen una relación a largo plazo y existe cierto grado de confianza. Una relación a largo plazo alienta al proveedor a invertir mayor esfuerzo en aspectos que son importantes para un comprador en particular. Esto incluye la inversión en tecnología específica para dicho comprador y la colaboración en el diseño de sus productos. Una relación a largo plazo también mejora la comunicación y coordinación entre las dos partes. Estas capacidades son muy importantes cuando se trata de abastecerse de materiales directos. De este modo, deben fomentarse las relaciones a largo plazo con proveedores de materiales directos, críticos y estratégicos.

14.13 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender el papel del aprovisionamiento en la cadena de suministro.

   El aprovisionamiento abarca todos los procesos requeridos para que una empresa compre bienes a proveedores. En la última década, las empresas manufactureras han incrementado la fracción de

partes compradas. Así, las decisiones de aprovisionamiento eficaces tienen impacto significativo en el desempeño financiero. Las buenas decisiones de aprovisionamiento pueden mejorar el desempeño de la cadena de suministro al agregar los pedidos, hacer más eficientes las transacciones de abastecimiento, lograr la colaboración de los proveedores en el diseño, facilitar los pronósticos y planeación en coordinación con los proveedores, diseñar contratos de la cadena de suministro que aumenten la rentabilidad y minimicen la distorsión de la información, y reducir el precio de compra mediante una mayor competencia entre los proveedores.

2. Analizar los factores que afectan la decisión de subcontratar (outsource) una función de la cadena de suministro.

   Una función de la cadena de suministro debe subcontratarse si el tercero puede aumentar el superávit de la cadena sin riesgo considerable. Un tercero puede incrementar el superávit si agrega capacidad, inventario, almacenamiento, transporte, información, cuentas por cobrar y otros factores a un nivel más alto de lo que la empresa puede lograr por su cuenta. En general, el outsourcing es conveniente si las necesidades de la empresa son reducidas, muy inciertas y pueden satisfacerse usando recursos que pueden atender también a otras empresas.

3. Identificar las dimensiones del desempeño del proveedor que afectan el costo total.

   Además del precio cotizado, el costo total de usar un proveedor se ve afectado por el tiempo de espera del resurtido, el desempeño en cuanto a la puntualidad, la flexibilidad del suministro, la frecuencia de la entrega y el tamaño mínimo de lote, la calidad del suministro, el costo de transporte entrante, los términos del precio, la capacidad de coordinación de la información, la capacidad de colaboración en el diseño del proveedor y la viabilidad del proveedor. Estos factores deben evaluarse al comparar los diferentes proveedores para obtener una medida real de su eficacia.

4. Estructurar subastas y negociaciones exitosas.

   Los compradores pueden usar subastas de primer precio con oferta sellada, holandesas, inglesas o de segundo precio (Vickrey). Las subastas exitosas minimizan el costo para el comprador y resultan en que el proveedor que ofrece el costo más bajo gana la licitación. En muchas circunstancias, las subastas inglesas abiertas logran este resultado. Al realizar una subasta, los compradores deben trabajar para evitar la colusión entre los oferentes. Las negociaciones exitosas son más probables cuando ambas partes están bien informadas de la postura de la otra y tienen múltiples dimensiones que puede usar para incrementar el tamaño del "pastel", lo que produce un resultado en el que las dos partes salen ganando.

5. Describir la función de los contratos de abastecimiento y su impacto en el desempeño del proveedor y la distorsión de la información.

   Los contratos de abastecimiento deben tomar en cuenta el objetivo deseado del comprador y proveedor y el impacto resultante en el desempeño de la cadena de suministro. Los contratos deben diseñarse para aumentar la disponibilidad del producto, coordinar los costos de la cadena de suministro, incrementar el esfuerzo de los agentes e inducir el mejoramiento del desempeño del proveedor. Los contratos que se usan para aumentar la disponibilidad del producto incluyen los de devolución, reparto de ingresos y cantidad flexible, que tienen el propósito de contrarrestar el problema de la doble marginación. Los contratos de devolución y reparto de ingresos aumentan la distorsión de la información en relación con los contratos de cantidad flexibles. Los descuentos por cantidad coordinan los costos de la cadena de suministro cuando el proveedor tiene costos fijos considerables por lote. Los descuentos por cantidad aumentan la distorsión de la información debido a la división de los pedidos en lotes. Las tarifas en dos partes y los contratos de umbral tienen el objetivo de incrementar el esfuerzo de los agentes. Los contratos de umbral pueden aumentar significativamente la distorsión de la información y es mejor implementarlos a través de un horizonte móvil. Los contratos de ahorros compartidos son muy eficaces cuando el comprador quiere que el proveedor mejore su desempeño en cuanto a ciertas dimensiones, como el tiempo de espera y la calidad.

6. Catalogar los productos y servicios comprados e identificar el enfoque deseado del abastecimiento en cada caso.

   Los materiales directos son componentes que se usan para fabricar el producto terminado. Los materiales y servicios indirectos se usan para apoyar el proceso principal de producción. Los materiales directos se clasifican en artículos que se compran a granel, críticos y estratégicos, con base en el valor del artículo y el carácter crítico que tienen para el comprador. El abastecimiento debe centrarse en agregar el gasto y reducir los costos de transacción cuando se compran materiales indirectos. Para los artículos que se compran a granel, el abastecimiento debe centrarse en el servicio con valor agregado proporcionado y el desempeño respecto a otras dimensiones que afectan el costo total. Para los artículos

críticos, el abastecimiento debe centrarse en mejorar la coordinación de los pronósticos y el surtido con el proveedor. En cuanto a los artículos estratégicos, el abastecimiento debe centrarse en mejorar la colaboración del proveedor en el diseño y manufactura.

Preguntas de discusión

1. ¿Cuáles son algunas maneras en que una empresa como Wal-Mart se beneficia de las buenas decisiones de aprovisionamiento?
2. ¿Qué factores influyen en que Wal-Mart sea propietaria de sus camiones aunque muchos detallistas subcontratan todo su transporte?
3. ¿Cómo un proveedor que ofrece un precio bajo termina costándole al comprador más que un proveedor que ofrece un precio más alto?
4. Explique por qué, para el mismo nivel de inventario, un contrato de reparto de ingresos produce un esfuerzo de ventas menor por parte del detallista que si éste hubiera pagado el producto y fuera responsable por todo el inventario remanente.
5. Para un fabricante que vende a muchos detallistas, ¿por qué un contrato de cantidad flexible produce menos distorsión de la información que un contrato de devolución?
6. La mayoría de las empresas ofrecen a sus vendedores incentivos monetarios que se basan en rebasar un objetivo especificado. ¿Cuáles son algunas de las ventajas y desventajas de este método? ¿Cómo modificaría usted estos contratos para corregir algunos de los problemas?
7. Un fabricante de automóviles compra tanto artículos de oficina como subsistemas (por ejemplo, asientos). ¿Qué diferencia en la estrategia de aprovisionamiento recomendaría usted, si acaso, para los dos tipos de productos?
8. ¿Cómo puede la colaboración de los proveedores en el diseño ayudar a un fabricante de computadoras personales a mejorar el desempeño?

Ejercicios

1. Una casa editorial vende libros a Borders a 12 dólares cada uno. El costo marginal de producción para la casa editorial es de 1 dólar por libro. Borders vende el libro a sus clientes en 24 dólares y espera que la demanda en los próximos dos meses esté distribuida normalmente, con una media de 20,000 y una desviación estándar de 5,000. Borders coloca un solo pedido con el editor para entrega al principio del periodo de dos meses. En la actualidad, Borders rebaja los libros que no vendió al final de los dos meses a 3 dólares, y todos los libros que no se vendieron al precio normal se rematan a este precio.
   (a) ¿Cuántos libros debe ordenar Borders? ¿Cuál es la utilidad esperada? ¿Cuántos libros espera vender con descuento?
   (b) ¿Qué utilidad obtiene la casa editorial dadas las acciones de Borders?
   (c) Se está analizando un plan en el que el editor reembolsaría a Borders 5 dólares por libro que no se vendiera durante el periodo de dos meses. Como antes, Borders los rebajaría a 3 dólares y vendería todos los libros que quedaran. Según este plan, ¿cuántos libros ordenará Borders? ¿Cuál es la utilidad esperada para Borders? ¿Cuántos libros se espera que se queden sin vender? ¿Cuál es la utilidad esperada para el editor? ¿Qué debe hacer el editor?
2. Un estudio cinematográfico vende la película más reciente en DVD a Blockbuster a 10 dólares por DVD. El costo marginal de producción para el estudio cinematográfico es de 1 dólar por DVD. Blockbuster vende cada DVD a sus clientes al precio de 19.99 dólares. Los DVD se mantienen en el anaquel a precio normal durante un periodo de un mes, después del cual se rebajan a 4.99 dólares. Blockbuster coloca un solo pedido de DVD. Su pronóstico actual es que las ventas se distribuirán normalmente, con una media de 10,000 y una desviación estándar de 5,000.
   (a) ¿Cuántos DVD debe ordenar Blockbuster? ¿Cuál es la utilidad esperada? ¿Cuántos DVD espera vender con descuento?
   (b) ¿Qué utilidad obtiene el estudio, dadas las acciones de Blockbuster?
   (c) Se está analizando un plan en el que el estudio reembolsaría a Blockbuster 4 dólares por DVD que no vendiera durante el periodo de un mes. Como antes, Blockbuster los rebajaría a

4.99 dólares y vendería todos los DVD que quedaran. Según este plan, ¿cuántos DVD debe ordenar Blockbuster? ¿Cuál es la utilidad esperada para Blockbuster? ¿Cuántos DVD se espera que se queden sin vender al final de mes? ¿Cuál es la utilidad esperada para el estudio? ¿Qué debe hacer el estudio?

3. Topgun Records y varios estudios cinematográficos han decidido firmar un contrato de reparto de ingresos para producir discos compactos (CD). Al estudio le cuesta 2 dólares producir cada CD. El CD se venderá a Topgun en 3 dólares. A su vez, Topgun venderá cada CD a un precio de 15 dólares y pronostica que la demanda estará distribuida normalmente, con una media de 5,000 y una desviación estándar de 2,000. Los CD que no se vendan se rebajarán a 1 dólar y se venderán a este precio. Topgun compartirá 35% de los ingresos con el estudio y se quedará con 65%.
   (a) ¿Cuántos CD debe ordenar Topgun?
   (b) ¿Cuántos CD espera Topgun vender con descuento?
   (c) ¿Qué utilidad espera obtener Topgun?
   (d) ¿Qué utilidad espera obtener el estudio?
   (e) Repita las partes a)-d) si el estudio vende el CD en 2 dólares (en lugar de 3 dólares), pero recibe 43% de los ingresos.
4. Benetton ha celebrado un contrato de cantidad flexible con un detallista para un producto de temporada. Si el detallista ordena *O* unidades, Benetton está dispuesto a surtir hasta otro 35% si es necesario. El costo de producción de Benetton es de 20 dólares, y cobra al detallista un precio al mayoreo de 36 dólares. El detallista vende el producto a sus clientes al precio de 55 dólares por unidad. El detallista puede liquidar las unidades que no se vendan al valor de rescate de 25 dólares cada una. Benetton puede obtener un valor de rescate de sólo 10 dólares por unidad de su inventario sobrante. El detallista pronostica que la demanda estará distribuida normalmente, con una media de 4,000 y una desviación estándar de 1,600.
   (a) ¿Cuántas unidades *O* debe ordenar el detallista?
   (b) ¿Cuál es la cantidad esperada que comprará el detallista (recuerde que el detallista puede aumentar el pedido hasta en 35% después de observar la demanda)?
   (c) ¿Cuál es la cantidad esperada que venderá el detallista?
   (d) ¿Cuál es el excedente esperado del detallista?
   (e) ¿Cuál es la utilidad esperada del detallista?
   (f) ¿Cuál es la utilidad esperada para Benetton?
5. Usted es el gerente de compras de una compañía de electricidad grande y está a cargo de comprar un cierto tipo de transformador. La demanda semanal de estos transformadores entre las cuadrillas de campo está distribuida normalmente, con una media de 100 y una desviación estándar de 50. Los costos de mantener inventario son de 25%, y es necesario mantener un nivel de inventario correspondiente a un nivel de servicio de ciclo de 95%. Debe elegir entre dos proveedores, Reliable Components y Value Electric, que ofrecen los siguientes términos: Reliable vende el transformador en 5,000 dólares, con un pedido mínimo de 100 y un tiempo de espera de 1 semana, con una desviación estándar de 0.1 semanas. Value vende el transformador en 4,800 dólares, exige un lote mínimo de 1,000, tiene un tiempo de espera de 5 semanas y la desviación estándar del tiempo de espera es de 4 semanas.
   (a) ¿Cuál es el costo anual de usar a Reliable Components como proveedor?
   (b) ¿Cuál es el costo anual de usar a Value Electric como proveedor?
   (c) ¿Qué proveedor elegiría?
   (d) Si pudiera usar a ambos proveedores, ¿cómo estructuraría sus pedidos?
6. En el ejercicio 14-5, imagine que ha seleccionado a Reliable como proveedor. Value Electric tiene mucho interés es ser su proveedor y le ofrece elegir entre tres alternativas mutuamente excluyentes: tiempo de espera reducido de 1 semana, lote mínimo reducido de 800 y una reducción en la desviación estándar del tiempo de espera de 1 semana.
   (a) ¿Cuáles son los costos anuales esperados de aceptar cada una de estas opciones?
   (b) ¿Cuál es el costo anual esperado si las tres pudieran ponerse en vigor?
   (c) ¿Cambiaría su decisión de contratar a Reliable por cualquiera de estas opciones?
7. Considere la posición del detallista en el problema del contrato de cantidad flexible analizado en el capítulo y cuyos resultados se presentan en la tabla 14-6. Considere un contrato básico en el que $\alpha = \beta = 0.2$, el tamaño del pedido es de 1,000 y el precio de mayoreo es de 6 dólares. Para las siguientes

preguntas, necesitará construir un modelo de cantidad flexible. Suponga que el valor de rescate es de cero tanto para el detallista como para el fabricante.

(a) ¿Cuánto aumentarán las utilidades para el detallista si α aumenta a 0.5?
(b) ¿Cuánto aumentarán las utilidades para el detallista si β aumenta a 0.5 (manteniendo α en 0.2)?
(c) ¿Por qué esperaría que éstas fueran diferentes?

8. Imagine que ha adquirido las empresas del detallista y el fabricante del ejercicio 14-7. Sus intereses ahora son maximizar la rentabilidad de la nueva empresa y establecer un sistema de incentivos para lograrlo. Ha decidido mantener el contrato de cantidad flexible para ofrecer incentivos tanto a su empresa detallista como a su empresa fabricante.
   (a) ¿Cómo afecta la rentabilidad de la empresa si α aumenta a 0.5?
   (b) ¿Cómo afecta la rentabilidad de la empresa si β aumenta a 0.5?
   (c) ¿Por qué uno de estos cambios no tiene ningún efecto en la rentabilidad?

Bibliografía

Armstrong & Associates, Inc., *Who's Who in Logistics? Armstrong's Guide to 3PLs & Global Logistics Services,* 2001.

Banfield, Emiko, *Harnessing Value in the Supply Chain: Strategic Sourcing in Action,* Nueva York, Wiley, 1999.

Cavinato, Joseph L. y Ralph Kauffman, *The Purchasing Handbook: A Guide for the Purchasing and Supply Professional,* Nueva York, McGraw-Hill, 2000.

Chopra, Sunil, Darren Dougan y Gareth Taylor, "B2B E-Commerce Opportunities", *Supply Chain Management Review,* mayo-junio de 2001, pp. 50-58.

Grosvenor, Franklin y Terrence A. Austin, "Cisco's eHub Initiative", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2001, pp. 18-26.

Heskett, James L. y Sergio Signorelli, *Benetton (A),* Harvard Business School, Caso 685014, 1984.

Krishna, Vijay, *Auction Theory,* San Diego, Academic Press, 2002.

Laseter, Timothy M., *Balanced Sourcing: Cooperation and Competition in Supplier Relationships,* San Francisco, Jossey-Bass, 1998.

Martin, Lisa, "Charting Pfizer's Path to E-Procurement", *Supply Chain Management Review,* mayo-junio de 2002, pp. 20-26.

Milgrom, Paul, *Putting Auction Theory to Work,* Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

Monczka, Robert H., Gary L. Ragatz, Robert B. Handfield, Robert J. Trent y David J. Frayer, "Executive Summary: Supplier Integration into New Product Development: A Strategy for Competitive Advantage", The Global Procurement and Supply Chain Benchmarking Initiative, Michigan State University, The Eli Broad Graduate School of Management, 1997.

Monczka, Robert, Robert Trent y Robert Handfield, *Purchasing and Supply Chain Management,* Cincinnati, OH, South-Western, 2002.

Neef, Dale, *E-Procurement: From Strategy to Implementation*, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2001.

Pierson, John C., "Johnson Controls' Journey to E-Procurement", *Supply Chain Management Review,* enero-febrero de 2002, pp. 56-62.

Pine, Joseph B., *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition,* Boston, Harvard Business School Press, 1999.

Porter, Robert H., "Detecting Collusion", Documento de trabajo #0051, The Center for the Study of Industrial Organization, Northwestern University, 2004.

Smelzer, Larry R. y Joseph R. Carter, "How to Build an E-Procurement Strategy", *Supply Chain Management Review,* marzo-abril de 2001, pp. 76-83.

Thompson, Leigh L., *The Mind and Heart of the Negotiator,* Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2005.

Toupin, Laurie, "Needed: Suppliers Who Can Collaborate Throughout the Supply Chain", Special Advertising Section: Automotive, *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2002, pp. 5-8.

CAPÍTULO 15

FIJACIÓN DE PRECIOS Y ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS EN UNA CADENA DE SUMINISTRO



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender el papel de la administración de ingresos en una cadena de suministro.
2. Identificar las condiciones en las que las tácticas de administración de ingresos pueden ser eficaces.
3. Describir los equilibrios que deben considerarse cuando se toman decisiones relativas a la administración de ingresos.

15.1 EL PAPEL DE LA FIJACIÓN DE PRECIOS Y LA ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Hasta el momento, en este libro nos hemos centrado en administrar la demanda y la oferta para aumentar las utilidades de la cadena de suministro. Una modificación en los inventarios y la capacidad puede cambiar la oferta disponible. También pueden usarse la publicidad y el marketing para estimular la demanda. Aparte de estas palancas, el precio es una herramienta fundamental para incrementar las utilidades de cadena de suministro porque propicia un mejor ajuste entre la oferta y la demanda. El precio influye en la cantidad de producto demandada y los ingresos totales generados. La *administración de ingresos* (*revenue management*)[1] es el uso de los precios para incrementar las utilidades generadas por una cantidad limitada de activos de la cadena de suministro. Los activos de la cadena de suministro existen en dos formas: capacidad e inventario. Los activos de capacidad de la cadena de suministro existen para producción, transporte y almacenamiento. Los activos de inventario existen en toda la cadena de suministro y se mantienen para mejorar la disponibilidad de los productos.

Para incrementar el margen total ganado con estos activos, los gerentes deben usar todas las palancas disponibles, incluido el precio. Ésta es la función principal de la administración de ingresos. Tradicionalmente, las empresas han invertido en activos o los han eliminado para reducir el desequilibrio entre la oferta y la demanda. Las empresas construyen capacidad adicional durante la etapa de crecimiento del ciclo comercial y cierran parte de su capacidad durante una época mala. Las ideas de la administración de ingresos indican que la empresa debe usar primero los precios para lograr cierto equilibrio entre la oferta y la demanda y sólo entonces invertir en activos o eliminarlos. Talluri y Van Ryzin (2004) presentan una excelente exposición de las técnicas de administración de ingresos en la teoría y en la práctica.

Considere una compañía transportista que tiene 10 camiones. Un método que la empresa puede seguir es establecer un precio fijo por sus servicios y valerse de la publicidad para estimular la demanda en caso de que tenga exceso de capacidad. Sin embargo, si usa la administración de ingresos, la empresa trataría de lograr mucho más. Una opción sería cobrar un precio más bajo a los clientes que estuvieran dispuestos a comprometer pedidos con mucha anticipación y un precio más alto a los clientes que buscaran capacidad de transporte en el último momento. Otro camino sería cobrar un precio más bajo a los clientes con contratos a largo plazo y un precio más alto a los clientes que quisieran comprar capacidad en el último momento. Un tercer método sería cobrar un precio más alto durante los periodos de demanda alta y precios

[1] N del RT: *Revenue Management* es una técnica y no una actividad administrativa.

más bajos durante los periodos de demanda baja. Otro ejemplo es un detallista que compra ropa de temporada para vender. Una estrategia que ajusta los precios con base en la disponibilidad del producto, la demanda de los clientes y lo que queda de la temporada de ventas producirá utilidades más altas de la cadena de suministro que una estrategia que fija el precio para toda la temporada de ventas.

Todas éstas son estrategias de administración de ingresos que usan precios diferenciados como palanca crítica para maximizar los ingresos. La administración de ingresos también puede definirse como el uso de precios diferenciados basados en segmentos de clientes, tiempo de uso y disponibilidad del producto o la capacidad para incrementar el superávit de la cadena de suministro. El impacto de la administración de ingresos en el desempeño de la cadena de suministro puede ser significativo. Uno de los ejemplos que más se mencionan es el uso exitoso de la administración de ingresos por parte de American Airlines para contrarrestar y finalmente derrotar a PeopleExpress a mediados de la década de 1980. PeopleExpress inició en Newark, Nueva Jersey, y ofrecía tarifas que eran entre 50 y 80% más bajas que las de las demás aerolíneas. Al principio, las otras aerolíneas no tomaron en cuenta a PeopleExpress porque no les interesaba el segmento de mercado de tarifas bajas. Sin embargo, en 1983, PeopleExpress tenía más de 40 aviones y lograba factores de carga de más de 74%. PeopleExpress y otros participantes nuevos estaban haciendo avances sustanciales en el territorio de las líneas de aviación existentes. Éstas no podían competir reduciendo los precios al nivel de PeopleExpress porque tenían costos de operación más altos. American Airlines fue la primera línea en idear una contramedida eficaz usando la administración de ingresos. En lugar de bajar el precio de todos sus asientos, American redujo los precios de una parte de los asientos a un nivel igual o inferior al de PeopleExpress. Las otras aerolíneas, como United, no tardaron en seguir el ejemplo y atrajeron a muchos de los pasajeros de PeopleExpress. Esto bastó para reducir los factores de carga de PeopleExpress por debajo de 50%, un nivel en el que la aerolínea no podía sobrevivir. Antes de que terminara 1986, PeopleExpress se derrumbó.

American Airlines tuvo éxito principalmente porque usó precios diferenciados para reducir los precios de una fracción de los asientos y atraer a pasajeros que, de otro modo, hubieran viajado en PeopleExpress. American no redujo los precios de la fracción de asientos que ocupaban los viajeros de negocios que no volaban con PeopleExpress. Los precios diferenciados dirigidos a diferentes sectores constituyen la parte medular de la administración exitosa de los ingresos.

La administración de ingresos ajusta los precios y la oferta disponible de activos para maximizar las utilidades. Tiene impacto significativo en la rentabilidad de la cadena cuando existen una o más de las siguientes cuatro condiciones:

1. El valor del producto varía en los diferentes segmentos de mercado.
2. El producto es altamente perecedero o existe desperdicio del producto.
3. La demanda tiene picos estacionales y de otro tipo.
4. El producto se vende tanto por volumen como en el mercado spot.

Los asientos de las aerolíneas son un buen ejemplo de un producto cuyo valor varía dependiendo del segmento de mercado. Un viajero de negocios está dispuesto a pagar una tarifa más alta por un vuelo que coincida con su horario. En contraste, un turista modifica a menudo su itinerario para conseguir una tarifa más baja. Una aerolínea que puede cobrar un precio más alto al viajero de negocios en comparación con el turista siempre le irá mejor que a otra que cobra el mismo precio a todos los viajeros.

La ropa de moda y de temporada son ejemplos de productos altamente perecederos. La capacidad de producción, almacenamiento y transporte son ejemplos de inventario o capacidad que se desperdicia si no se utiliza. La meta de la administración de ingresos en dicha situación es ajustar los precios a través del tiempo para maximizar la utilidad obtenida del inventario o la capacidad disponible.

Los pedidos en Amazon.com siguen un patrón estacional, con un pico en diciembre antes de Navidad. Para atender esta demanda pico se necesitaría que Amazon.com desplegara una cantidad significativa de capacidad temporal de procesamiento a un costo elevado. Amazon.com aplica las ideas de la administración de ingresos para ofrecer envío gratis antes del pico de di-

ciembre. Esto traslada una parte de la demanda de la temporada alta a un periodo de menor movimiento e incrementa la utilidad total de Amazon.com. Algunos trenes suburbanos aplican una estrategia similar para atender los distintos picos en el transporte de pasajeros. Cobran tarifas más altas durante los periodos de mayor movimiento y tarifas más bajas en los horarios de menor demanda. Los precios diferenciados para los periodos pico y no pico producen utilidades significativamente más altas.

Cada producto y cada unidad de capacidad pueden venderse tanto por volumen como en el mercado spot. Un ejemplo es el propietario de un almacén que debe decidir si arrienda todo el almacén a clientes dispuestos a firmar contratos a largo plazo o reserva una parte del almacén para alquilarla en el mercado spot. El contrato a largo plazo es más seguro, pero por lo general alcanza un precio promedio más bajo que el del mercado spot. La administración de ingresos aumenta las utilidades al determinar la cartera adecuada de clientes a largo plazo y del mercado spot.

La administración de ingresos puede ser una herramienta muy eficaz para todos los propietarios de activos de una cadena de suministro. Los propietarios de cualquier forma de capacidad (producción, transporte o almacenamiento) pueden usar la administración de ingresos si hay demanda estacional o si existen segmentos que estén dispuestos a pagar diferentes precios por diferentes tiempos de espera para usar la capacidad. La administración de ingresos puede ser eficaz si hay un segmento que necesita usar la capacidad en el último momento y está dispuesto a pagar por ella, y hay otro segmento que quiere un precio más bajo y está dispuesto a comprometerse con mucha anticipación. La administración de ingresos es esencial para los propietarios de inventarios de productos perecederos. La mayoría de los ejemplos exitosos del uso de la administración de ingresos provienen de la industria de turismo y hospitalidad e incluyen las aerolíneas, las agencias de alquiler de automóviles y los hoteles. American Airlines ha manifestado que las técnicas de administración de ingresos le han ayudado a aumentar sus ingresos en más de mil millones de dólares al año. La aplicación de estas técnicas en Marriott aumenta los ingresos anuales en más de 100 millones de dólares. La administración de ingresos tiene un impacto semejante en todas las etapas de la cadena de suministro que satisfacen una o más de las cuatro condiciones identificadas anteriormente.

En las siguientes secciones analizamos varias situaciones en las que la administración de ingresos es eficaz y las técnicas que se emplean en cada caso.

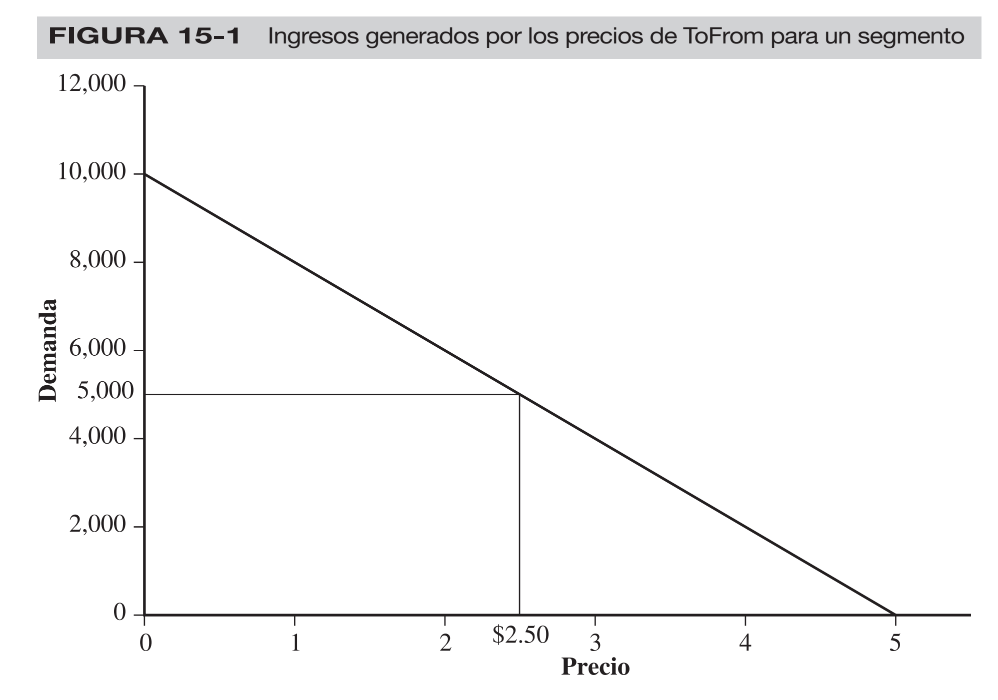
15.2 FIJACIÓN DE PRECIOS Y ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS EN MÚLTIPLES SEGMENTOS DE CLIENTES

Un ejemplo clásico de un mercado con múltiples segmentos de clientes es la industria de la aviación comercial, donde los viajeros de negocios están dispuestos a pagar una tarifa más alta para viajar en un itinerario específico, mientras que los turistas están dispuestos a cambiar su programa de viaje para aprovechar tarifas más bajas. Muchos casos similares se presentan en una cadena de suministro. Considere a ToFrom, una compañía transportista que ha comprado seis camiones con una capacidad total de 6,000 pies cúbicos, que usará para transportar mercancías entre Chicago y Saint Louis. El gasto mensual de arrendamiento, conductor y mantenimiento es de 1,500 dólares por camión. Un estudio de mercado indica que la curva de demanda de la capacidad de los camiones es

$$d = 10{,}000 - 2{,}000p$$

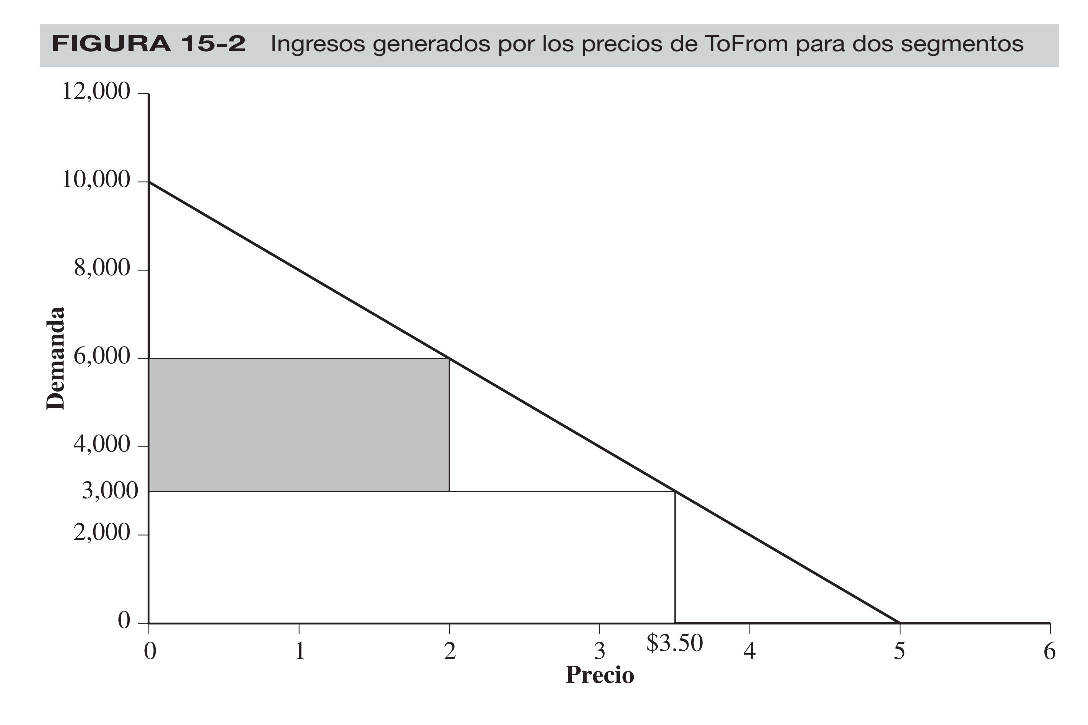
donde d es la demanda de cada segmento y p es el costo de transporte por pie cúbico. Un precio de 2 dólares por pie cúbico produce una demanda de 6,000 pies cúbicos, ingresos de 12,000 dólares y utilidades de 3,000 dólares, mientras que un precio de 3.50 dólares por pie cúbico resulta en una demanda de 3,000, ingresos de 10,500 dólares y utilidades de 1,500 dólares. La verdadera pregunta es si los 3,000 pies cúbicos de demanda al precio de 3.50 dólares provienen de un segmento diferente de la demanda de 3,000 pies cúbicos adicionales generada a un precio de 2 dólares por pie cúbico. Si ToFrom supone que toda la demanda es de un solo segmento, el precio óptimo es de 2.50 dólares por pie cúbico, que produce una demanda de 5,000 pies cúbicos e ingresos de 12,500 dólares, como se muestra en la figura 15-1.

FIGURA 15-1 Ingresos generados por los precios de ToFrom para un segmento



Sin embargo, si ToFrom puede diferenciar el segmento que compra 3,000 pies cúbicos a 3.50 dólares del segmento que compra 3,000 pies cúbicos sólo a 2.00 dólares, la empresa puede usar la administración de ingresos para mejorar tanto los ingresos como las utilidades. ToFrom debe cobrar 3.50 dólares al segmento dispuesto a pagar ese precio y 2.00 dólares por los 3,000 pies cúbicos que se venden sólo a ese precio. Así, la empresa recibe ingresos de 10,500 dólares del segmento dispuesto a pagar 3.50 dólares, e ingresos de 6,000 dólares del segmento dispuesto a pagar sólo 2.00 dólares por pie cúbico, como se ilustra en la figura 15-2. En presencia de diferentes segmentos que tienen distintos valores para la capacidad de transporte, la administración

FIGURA 15-2 Ingresos generados por los precios de ToFrom para dos segmentos



de ingresos los aumenta de 12,500 dólares a 16,500 dólares y produce una mejora considerable de las utilidades.

En teoría, el concepto de precios diferenciados aumenta las utilidades totales de una empresa. Sin embargo, hay dos aspectos fundamentales que deben atenderse en la práctica. Primero, ¿cómo puede la empresa diferenciar entre los dos segmentos y estructurar sus precios de modo que un segmento pague más que el otro? Segundo, ¿cómo puede la empresa controlar la demanda para que el segmento que paga menos no utilice toda la disponibilidad del activo?

Para diferenciar entre los distintos segmentos, la empresa debe crear barreras por medio de la identificación de los atributos del producto o servicio que los segmentos valoran de diferente manera. Por ejemplo, los viajeros de negocios de una aerolínea necesitan reservar en el último minuto y quedarse sólo el tiempo necesario en su destino. Las personas que viajan por placer, por otro lado, están dispuestas a reservar con mucha anticipación y a ajustar la duración de su estancia. Los planes de los viajeros de negocios también están sujetos a cambios. Por tanto, la reservación por adelantado, la estancia requerida el sábado por la noche y una multa por cambios en la tarifa más baja separan al turista del viajero de negocios. Para un proveedor de transporte como ToFrom, los segmentos se pueden diferenciar con base en la anticipación con que el cliente está dispuesto a comprometerse y a pagar por la capacidad de transporte. Una separación similar también puede ocurrir con los activos relacionados con producción y almacenamiento en una cadena de suministro.

En presencia de múltiples segmentos que pueden separarse, la empresa debe resolver los siguientes dos problemas:

1. Qué precio debe cobrar a cada segmento.
2. Cómo distribuir la capacidad limitada entre los segmentos.

PRECIOS PARA MÚLTIPLES SEGMENTOS

Empecemos por considerar una situación sencilla en la que la empresa ha identificado los criterios con base en los cuales puede separar los distintos segmentos de clientes. Uno de estos criterios puede ser que la aerolínea requiera estancia del sábado por la noche. Otro podría ser que una compañía transportista separara a los clientes con base en la anticipación con que están dispuestos a comprometerse a hacer un embarque. La empresa desea ahora identificar el precio que corresponde a cada segmento. Considere un proveedor (de un producto o alguna otra función de la cadena de suministro) que ha identificado k segmentos distintos de clientes que pueden separarse. Suponga que la curva de demanda del segmento i está dada por (suponemos curvas de demanda lineales para simplificar el análisis)

$$d_i = A_i - B_i p_i$$

El proveedor tiene un costo c de producción por unidad y debe decidir el precio p_i que cobrará a cada segmento; d_i es la demanda resultante del segmento i. El objetivo del proveedor es establecer los precios de modo que maximicen las utilidades. El problema de fijación de precios puede formularse como sigue:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{k} (p_i - c)(A_i - B_i p_i)$$

Sin restricciones de capacidad, el problema separa por segmento y, para el segmento i, el proveedor trata de maximizar

$$(p_i - c)(A_i - B_i p_i)$$

El precio óptimo para cada segmento i está dado por

$$p_i = \frac{A_i}{2B_i} + \frac{c}{2} \qquad \textbf{(15.1)}$$

Si la capacidad disponible está restringida por Q, los precios óptimos se obtienen resolviendo la siguiente ecuación:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{k} (p_i - c)(A_i - B_i p_i) \qquad \textbf{(15.2)}$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^{k} (A_i - B_i p_i) \leq Q$$

$$A_i - B_i p_i \geq 0 \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, k$$

Ambas fórmulas son muy sencillas y pueden resolverse en Excel.

Ejemplo 15-1: **Precios para múltiples segmentos**

Un fabricante por contrato ha identificado dos segmentos de clientes para su capacidad de producción: uno está dispuesto a colocar un pedido con más de una semana de anticipación y el otro está dispuesto a pagar un precio más alto con tal de que pueda dar aviso a producción con menos de una semana de anticipación. Los clientes que no están dispuestos a comprometerse con anticipación son menos sensibles al precio y tienen una curva de demanda $d_1 = 5{,}000 - 20p_1$. Los clientes dispuestos a comprometerse con anticipación son más sensibles al precio y tienen una curva de demanda $d_2 = 5{,}000 - 40p_2$. El costo de producción es $c = 10$ dólares por unidad. ¿Qué precio debe cobrar el fabricante por contrato a cada segmento si su objetivo es maximizar las utilidades? Si el fabricante por contrato desea cobrar un solo precio a los dos segmentos, ¿cuál debe ser? ¿Qué aumento en las utilidades producen los precios diferenciados? Si la capacidad total de producción se limita a 4,000 unidades, ¿cuánto debe cobrar el fabricante a cada segmento?

Análisis: Sin restricciones de capacidad, los precios diferenciados que se cobrarán a cada segmento están dados por la ecuación 15.1. Así, obtenemos

$$p_1 = \frac{5{,}000}{2 \times 20} + \frac{10}{2} = 125 + 5 = \$130 \qquad \text{y} \qquad p_2 = \frac{5{,}000}{2 \times 40} + \frac{10}{2} = 62.5 + 5 = \$67.5$$

La demanda de los dos segmentos está dada por

$$d_1 = 5{,}000 - 20 \times 130 = 2{,}400 \qquad \text{y} \qquad d_2 = 5{,}000 - 40 \times 67.5 = 2{,}300$$

La utilidad total es

$$\text{Utilidad total} = 130 \times 2{,}400 + 67.5 \times 2{,}300 = \$467{,}250$$

Si el fabricante por contrato cobra el mismo precio p a los dos segmentos, trata de maximizar

$$(p - 10)(5{,}000 - 20p) + (p - 10)(5{,}000 - 40p) = (p - 10)(10{,}000 - 60p)$$

El precio óptimo en este caso está dado por

$$p = \frac{10{,}000}{2 \times 60} + \frac{10}{2} = \$88.33$$

La demanda de los dos segmentos queda determinada por

$$d_1 = 5{,}000 - 20 \times 83.33 = 3{,}333.4 \qquad \text{y} \qquad d_2 = 5{,}000 - 40 \times 83.33 = 1{,}666.8$$

La utilidad total es

$$\text{Utilidad total} = 83.33 \times (3{,}333.4 + 1{,}666.8) = \$416{,}667$$

Por tanto, los precios diferenciados aumentan las utilidades en más de 50,000 dólares en relación con ofrecer un precio fijo.

Ahora, consideremos el caso en el que la capacidad total de producción está limitada a 4,000 unidades. El precio diferenciado óptimo produce una demanda que rebasa la capacidad total de producción. En consecuencia, recurrimos a la formulación de la ecuación 15.2 y resolvemos:

$$\text{Max}\,(p_1 - 10)(5{,}000 - 20p_1) + (p_2 - 10)(5{,}000 - 40p_2)$$

FIGURA 15-3 Hoja de cálculo de Excel para el ejemplo 15-1

	A	B	C	D
3	Capacidad de producción =	4000		
4	Segmento	Precio	Demanda	Utilidad
5	1	$ 141.7	2166.67	$ 285,277.8
6	2	$ 79.2	1833.33	$ 126,805.6
7	Total		4000	$ 412,083.3

Celda	Fórmula de la celda	Copiada a
C5	= 5000 – 20*B5	
C6	= 5000 – 40*B6	
D5	= B5*C5	D6
C8	= sum(C5:C6)	
D8	= sum(D5:D6)	

Sujeto a

$$(5{,}000 - 20p_1) + (5{,}000 - 40p_2) \leq 4{,}000$$
$$(5{,}000 - 20p_1), (5{,}000 - 40p_2) \geq 0$$

Los resultados se muestran en la figura 15-3. Observe que la capacidad limitada lleva al fabricante por contrato a cobrar un precio más alto a cada uno de los dos segmentos en relación con el caso en que no había límite de capacidad.

La metodología que hemos descrito tiene dos supuestos importantes que no es probable que se sostengan en la práctica. El primero es que nadie del segmento de precios altos decide cambiarse al segmento de precios bajos después de que se anuncian los precios. En otras palabras, hemos supuesto que el atributo (por ejemplo, el tiempo de espera) que se usa para separar los segmentos funciona a la perfección. En la práctica es muy improbable que esto suceda. Nuestro segundo supuesto es que una vez que se deciden los precios, la demanda de los clientes es predecible. En la práctica siempre habrá incertidumbre asociada con la demanda. Talluri y Van Ryzin (2004) tienen un excelente análisis de varios modelos de administración de ingresos que toman en cuenta la incertidumbre y algunos otros modelos que toman en cuenta el hecho de que los clientes actúan estratégicamente y deciden sus acciones después de que se anuncian los precios.

ASIGNACIÓN DE CAPACIDAD A UN SEGMENTO EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE

En la mayoría de los casos de precios diferenciados, la demanda del segmento que paga el precio más bajo se presenta antes que la demanda del segmento que paga el precio más alto. El proveedor puede cobrar el precio bajo a un comprador dispuesto a comprometerse con mucha anticipación y el precio alto a los compradores que desean colocar sus pedidos en el último minuto. Para aprovechar la administración de ingresos, el proveedor debe limitar la cantidad de capacidad que se compromete para satisfacer la demanda de los compradores que pagan el precio bajo, incluso si existe suficiente demanda del segmento de precio bajo para utilizar toda la capacidad disponible. Esto plantea la pregunta de cuánta capacidad debe reservarse para el segmento de precio alto. La respuesta sería sencilla si la demanda fuera predecible. En la práctica, la demanda es incierta y las empresas deben decidir tomando en cuenta la incertidumbre.

En lo que se refiere a la capacidad de producción, el proveedor debe establecer un equilibrio entre comprometerse con un pedido de un comprador que paga el precio bajo y esperar a que

un comprador dispuesto a pagar el precio alto se presente más adelante. Los dos riesgos en una situación así son el *desperdicio* y el *desborde*. El desperdicio ocurre cuando la capacidad reservada para los compradores que pagan el precio alto se desperdicia porque la demanda de este segmento no se concreta. El desborde ocurre si es necesario rechazar a los compradores que pagan el precio alto porque ya se ha comprometido toda la capacidad con los compradores del segmento de precio bajo. El proveedor debe decidir qué capacidad puede reservar para los compradores que pagan el precio alto a fin de minimizar el costo esperado de desperdicio y desborde. El pedido actual de un comprador que paga el precio bajo debe compararse con los ingresos que se obtendrían si se decide esperar a que se presente un comprador que pague el precio alto. El pedido del comprador a precio bajo debe aceptarse si los ingresos esperados del comprador a precio alto son menores que los ingresos actuales del comprador a precio bajo.

Ahora desarrollaremos el equilibrio antes mencionado en términos de una fórmula que puede usarse cuando el proveedor trabaja con dos segmentos de clientes. Sea p_L el precio cobrado al segmento de precio bajo y p_H el precio cobrado al segmento de precio alto. Suponga que la demanda prevista del segmento de precio alto está distribuida normalmente, con una media de D_H y una desviación estándar de σ_H. Si reservamos una capacidad C_H para el segmento de precio alto, el ingreso marginal esperado $R_H(C_H)$ de reservar más capacidad está dado por

$$R_H(C_H) = \text{Prob(demanda del segmento de precio alto} > C_H) \times p_H$$

La cantidad reservada para el segmento de precio alto debe elegirse de manera que el ingreso marginal esperado del segmento de precio alto sea igual al ingreso marginal actual del segmento de precio bajo; esto es, $R_H(C_H) = p_L$. En otras palabras, la cantidad C_H reservada para el segmento de precio alto debe ser tal que

$$\text{Prob(demanda del segmento de precio alto} > C_H) = p_L/p_H \qquad \textbf{(15.3)}$$

Si la demanda del segmento de precio alto está distribuida normalmente, con una media de D_H y una desviación estándar de σ_H, obtenemos la cantidad reservada para el segmento de precio alto como sigue:

$$C_H = F^{-1}(1 - p_L/p_H, D_H, \sigma_H) = NORMINV(1 - p_L/p_H, D_H, \sigma_H) \qquad \textbf{(15.4)}$$

Si hay más de dos segmentos de clientes, se puede aplicar la misma filosofía para obtener un conjunto de reservaciones anidadas. La cantidad C_1 reservada para el segmento del precio más alto debe ser tal que el ingreso marginal esperado del segmento del precio más alto sea igual al precio del segmento del segundo precio más alto. La cantidad C_2 reservada para los dos segmentos de más alto precio debe ser tal que el ingreso marginal esperado de los dos segmentos de más alto precio sea igual al precio del segmento con el tercer precio más alto. Este método secuencial puede usarse para obtener un conjunto de reservaciones anidadas de capacidad para todos los segmentos, salvo el del precio más bajo.

Un punto importante que debe observarse es que el uso de precios diferenciados aumenta el nivel de disponibilidad de los activos para el segmento de precio alto. Se reserva capacidad para estos clientes debido a su disposición a pagar más por el activo. Así, el uso eficaz de la administración de ingresos aumenta las utilidades de la empresa y también mejora el servicio para el segmento de clientes más valioso.

***Ejemplo 15-2:* Asignación de capacidad a múltiples segmentos**

ToFrom Trucking atiende a dos segmentos de clientes. Un segmento (A) está dispuesto a pagar 3.50 dólares por pie cúbico, pero desea comprometerse a hacer un embarque con sólo 24 horas de anticipación. El otro segmento (B) está dispuesto a pagar sólo 2.00 dólares por pie cúbico y está dispuesto a comprometerse a un embarque hasta con una semana de anticipación. Con dos semanas de anticipación, se pronostica que la demanda del segmento A estará distribuida normalmente, con una media de 3,000 pies cúbicos y una desviación estándar de 1,000. ¿Cuánto de la capacidad disponible debe reservarse para el segmento A? ¿Cómo debe ToFrom cambiar su decisión si el segmento A está dispuesto a pagar 5 dólares por pie cúbico?

Análisis: En este caso tenemos

Ingresos del segmento A, $p_A = \$3.50$ por pie cúbico
Ingresos del segmento B, $p_B = \$2.00$ por pie cúbico
Demanda media del segmento A, $D_A = 3{,}000$ pies cúbicos
Desviación estándar de la demanda del segmento $\sigma_A = 1{,}000$ pies cúbicos

Usando la ecuación 15.4, la capacidad que debe reservarse para el segmento A está dada por

$$C_A = NORMINV(1 - p_B/p_A, D_A, \sigma_A) = NORMINV(1 - 2.00/3.50, 3{,}000, 1{,}000)$$
$$= 2{,}820 \text{ pies cúbicos}$$

Por tanto, ToFrom debe reservar 2,820 pies cúbicos de capacidad de producción para el segmento A cuando los clientes de este segmento están dispuestos a pagar 3.50 dólares por pie cúbico. Si la cantidad que los clientes están dispuestos a pagar aumenta de 3.50 dólares a 5.00 dólares, la capacidad reservada debe aumentarse a

$$C_A = NORMINV(1 - p_B/p_A, D_A, \sigma_A) = NORMINV(1 - 2.00/5.00, 3{,}000, 1{,}000)$$
$$= 3{,}253 \text{ pies cúbicos}$$

Idealmente, el pronóstico de la demanda de todos los segmentos de clientes debe revisarse y es necesario calcular una nueva cantidad de reserva cada vez que se procesa el pedido de un cliente. En la práctica, dicho procedimiento sería muy difícil de implementar. Es más práctico revisar el pronóstico y la cantidad de reserva después de un periodo durante el cual la demanda pronosticada o la precisión del pronóstico hayan cambiado en forma considerable.

Otro método de precios diferenciados consiste en crear versiones distintas de un producto dirigido a diferentes segmentos. Las casas editoriales lanzan al mercado los nuevos libros de autores famosos como ediciones en pasta dura y cobran un precio más alto. Los mismos libros se introducen después como ediciones rústicas a precio más bajo. Las dos versiones se usan para cobrar un precio más alto al segmento que quiere leer el libro en cuanto sale al mercado. También pueden crearse versiones diferentes mediante la combinación de diversas opciones y servicios con el mismo producto básico. Los fabricantes de automóviles crean una versión de lujo, típica y austera de los modelos más populares con base en las opciones que ofrecen. Esta política les permite cobrar precios diferenciados a cada segmento por el mismo producto básico. Muchos fabricantes de lentes de contacto venden los mismos lentes con garantía de una semana, un mes y seis meses. En este caso, el mismo producto con diferentes servicios en la forma de garantía se usa para cobrar precios diferenciados.

Para usar con éxito la administración de ingresos cuando se atienden varios segmentos de clientes, una empresa debe aplicar las siguientes tácticas eficazmente:

- Precio basado en el valor asignado por cada segmento.
- Uso de diferentes precios para cada segmento.
- Pronóstico a nivel de segmento.

Los ferrocarriles de carga y las empresas transportistas no han usado eficazmente la administración de ingresos con múltiples segmentos. Por el contrario, las líneas de aviación han sido mucho más eficaces para usar este método. Un obstáculo importante para los ferrocarriles es la falta de trenes programados. Sin éstos, es difícil separar los segmentos de precio alto y bajo. Para aprovechar las oportunidades de administración de ingresos, los propietarios de los activos de transporte en la cadena de suministro tienen que ofrecer ciertos servicios programados como un mecanismo para separar los segmentos de precio alto y bajo. Sin servicios programados es difícil separar a los clientes que están dispuestos a comprometerse con anticipación de los que necesitan usar el servicio en el último momento.

PUNTO CLAVE Si un proveedor atiende múltiples segmentos de clientes con un activo fijo, puede mejorar los ingresos si establece precios diferentes para cada segmento. Los precios deben fijarse con barreras, de modo que el segmento dispuesto a pagar más no pueda pagar el precio bajo. La cantidad del activo que se reserva para el segmento de precio alto es tal que los ingresos marginales esperados del segmento de precio alto son iguales al precio del segmento de precio bajo.

15.3 FIJACIÓN DE PRECIOS Y ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS PARA ACTIVOS PERECEDEROS

Todo activo que pierde valor con el tiempo es perecedero. Como es evidente, las frutas, verduras y productos farmacéuticos son perecederos. Esta lista también incluye productos como computadoras y teléfonos celulares que pierden valor cuando los nuevos modelos salen al mercado. La ropa de moda es perecedera porque no puede venderse al precio normal una vez que pasa la temporada. Los activos perecederos también incluyen todas las formas de capacidad de producción, transporte y almacenamiento que se desperdicia si no se utiliza por completo. La capacidad no utilizada en el pasado no tiene valor. Por tanto, toda capacidad no utilizada es equivalente a capacidad perdida.

Dell usa la administración de ingresos para vender sus computadoras personales. El año se divide en ciclos de venta cortos de aproximadamente dos semanas. Una vez que la organización de ventas hace un pronóstico para el siguiente ciclo de venta, el área de operaciones asegura la disponibilidad de los componentes y la capacidad de producción. En este momento se fija la inversión en activos de inventario y capacidad para el siguiente ciclo de ventas. A continuación, Ventas ajusta los precios y la disponibilidad para tratar de maximizar los ingresos que pueden obtenerse de los activos disponibles.

Un ejemplo famoso de administración de ingresos en la venta al detalle de ropa fue el original Filene's Basement de Boston. La mercancía se vendía primero en la tienda principal a precio normal. La mercancía sobrante se llevaba al sótano y su precio se reducía incrementalmente a través de un periodo de 35 días hasta que se vendía. Si aún quedaba mercancía, se donaba a la beneficencia. En la actualidad, la mayoría de las tiendas de departamentos descuentan progresivamente la mercancía a lo largo de la temporada de ventas y después venden el inventario remanente a una tienda de descuento, que sigue una estrategia de precios similar.

Otro ejemplo de administración de ingresos de un activo perecedero es el uso de la sobreventa en la industria de la aviación comercial. Un asiento de un avión pierde todo valor una vez que éste despega. Dado que ocurre con frecuencia que algunos pasajeros no se presenten a abordar el avión cuando tienen reservaciones, las aerolíneas venden más reservaciones que la capacidad del avión para maximizar los ingresos esperados.

Las dos tácticas de administración de ingresos que se usan para los activos perecederos son:

1. Variar el precio dinámicamente a través del tiempo para maximizar los ingresos esperados.
2. Sobrevender el activo para tomar en cuenta las cancelaciones.

PRECIOS DINÁMICOS

La fijación de precios dinámicos, que es la táctica de variar el precio a través del tiempo, es apropiada para activos, como la ropa de moda, que tienen una fecha clara más allá de la cual pierden una gran parte de su valor. La ropa diseñada para el invierno no tiene mucho valor en abril. El detallista que compró 100 chaquetas para esquiar en octubre tiene muchas opciones en relación con su estrategia de precio. Puede cobrar un precio alto al principio. Esta estrategia producirá menos ventas al inicio de la temporada (aunque a un precio alto), y quedarán más

chaquetas para vender más adelante en la temporada, cuando tienen menos valor para los clientes. Otra opción es cobrar un precio bajo al principio y vender más chaquetas al inicio de la temporada (aunque a un precio bajo) y dejar menos chaquetas para vender con descuento. Este equilibrio determina las utilidades del detallista. Para variar eficazmente el precio de un activo perecedero a través del tiempo, el propietario del activo debe estimar el valor de éste a través del tiempo y pronosticar con precisión el impacto del precio en la demanda de los clientes. Por lo general, los precios diferenciados con el tiempo aumentan el nivel de disponibilidad del producto para el consumidor dispuesto a pagar el precio completo y también aumentan las utilidades totales del detallista.

En seguida analizamos una metodología sencilla para fijar precios dinámicos en el contexto donde el vendedor tiene una cantidad especificada Q de un solo producto al inicio de la temporada. Suponemos que el vendedor divide la temporada de ventas en k periodos y puede pronosticar la curva de demanda de cada periodo. El supuesto subyacente en este caso es que la respuesta de los clientes a los precios puede predecirse a través del tiempo y que los clientes no cambiarán su comportamiento en respuesta a cambios previstos en los precios. Para efectos de simplicidad, suponemos que, dado un precio p_i en el periodo i, la demanda d_i en el periodo i está dada por

$$d_i = A_i - B_i p_i$$

Se trata de una curva de demanda lineal pero, en general, no es necesario que la curva de demanda sea lineal. Presentamos el caso lineal aquí porque es más fácil de entender y resolver. El detallista quiere variar el precio a través del tiempo para maximizar los ingresos que puede obtener de las Q unidades que tiene disponibles al principio de la temporada. El problema de precios dinámicos que tiene ante sí el detallista puede formularse como sigue:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{k} p_i(A_i - B_i p_i) \qquad \textbf{(15.5)}$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^{k} (A_i - B_i p_i) \leq Q$$
$$A_i - B_i p_i \geq 0 \qquad \text{para} \qquad i = 1, \ldots, k$$

Formulado de esta forma, el problema es suficientemente sencillo para resolverse directamente en Excel.

Ejemplo 15-3: **Precios dinámicos**

Un detallista ha comprado 400 parkas para esquiar antes del inicio de la temporada invernal a un costo de 100 dólares cada una. La temporada dura tres meses y el detallista ha pronosticado que la demanda en cada uno de los tres meses será: $d_1 = 300 - p_1$, $d_2 = 300 - 1.3p_2$ y $d_3 = 300 - 1.8p_3$. ¿Cómo debe variar el precio de la parka a lo largo de los tres meses para maximizar los ingresos? Si el detallista cobra un precio constante durante los tres meses, ¿cuál debe ser? ¿Cuánta ganancia en ingresos producen los precios dinámicos?

Análisis: Observe que se pronostica que los clientes que compran al principio de la temporada son menos sensibles al precio y que los que compran hacia finales de la temporada son más sensibles al precio. Usando la ecuación 15.5, el problema del detallista puede formularse como sigue:

$$\text{Max}\, p_1(300 - p_1) + p_2(300 - 1.3p_2) + p_3(300 - 1.8p_3)$$

sujeto a

$$(300 - p_1) + (300 - 1.3p_2) + (300 - 1.8p_3) \leq 400$$
$$300 - p_1, 300 - 1.3p_2, 300 - 1.8p_3 \geq 0$$

Este problema puede formularse usando el Solver en Excel, como se muestra en la figura 15-4. Las celdas B5:B7 contienen las variables del precio; las celdas C5:C7 contienen la demanda resultante de las respectivas curvas de demanda; y las celdas D5:D7 contienen los ingresos de cada periodo.

FIGURA 15-4 Hoja de cálculo de Excel para el ejemplo 15-3 de precios dinámicos

	A	B	C	D
3	Cantidad al principio de la temporada =	400		
4	Periodo	Precio	Demanda	Ingresos
5	1	$ 162.20	137.80	$ 22,351.28
6	2	$ 127.58	134.15	$ 17,114.36
7	3	$ 95.53	128.05	$ 12,232.30
8	Total		400	$ 51,697.94

Celda	Fórmula de la celda	Copiada a
C5	= 300 – B5	
C6	= 300 – 1.3*B6	
C7	= 300 – 1.8*B7	
D5	= B5*C5	D6:D7
C8	= sum(C5:C7)	
D8	= sum(D5:D7)	

La demanda total de los tres periodos aparece en la celda C8 y los ingresos totales en la celda D8. La cantidad al principio de la temporada se indica en la celda B3.

Como se muestra en la figura 15-4, la estrategia óptima para el detallista es establecer un precio de 162.20 dólares en el primer mes, 127.58 dólares en el segundo mes y 95.53 dólares en el tercer mes. Esto da un total de ingresos de 51,697.94 dólares para el detallista.

El problema de obtener el precio fijo óptimo para toda la temporada de tres meses se puede formular en Excel como se muestra en la figura 15-5. Todas las celdas, salvo B6 y B7, son iguales a las de la figura 15-4.

Si el detallista quiere tener un precio fijo durante los tres meses debe fijar un precio de 121.95 dólares por chaqueta, para obtener ingresos de 48,780.49 dólares. Podemos observar que los precios dinámicos permiten al detallista aumentar sus utilidades en casi 3,000 dólares, de 8780 dólares a 11,698 dólares.

Una vez que hemos entendido cómo fijar precios dinámicos a los productos a lo largo de una temporada, podemos volver y preguntarnos cuántas unidades debe comprar el detallista al principio de la temporada para maximizar las utilidades, como se describe en el ejemplo 15-4.

Ejemplo 15-4: **Evaluación de la cantidad con precios dinámicos**

Considere de nuevo al detallista del ejemplo 15-3. ¿Cuántas parkas debe comprar al principio de la temporada, y qué precio deben tener éstas durante los tres meses de la temporada para maximizar las utilidades?

Análisis: En este caso, la cantidad al principio de la temporada también es una variable de decisión. El problema del detallista puede formularse ahora como sigue:

$$\text{Max}\, p_1(300 - p_1) + p_2(300 - 1.3p_2) + p_3(300 - 1.8p_3) - 100Q$$

FIGURA 15-5 Hoja de cálculo de Excel para el ejemplo 15-4 de precio fijo durante toda la temporada

	A	B	C	D
3	Cantidad al principio de la temporada =	400		
4	Periodo	Precio	Demanda	Ingresos
5	1	$ 121.95	178.05	$ 21,713.27
6	2	$ 121.95	141.46	$ 17,251.64
7	3	$ 121.95	80.49	$ 9,815.59
8	Total		400	$ 48,780.49

Celda	Fórmula de la celda	Copiada a
B6	= B5	B7

FIGURA 15-6 Hoja de cálculo de Excel para el ejemplo 15-4 de cantidad óptima y precios dinámicos

	A	B	C	D
2		$ 100.00		
3	Cantidad al principio de la temporada =	245		
4	Periodo	Precio	Demanda	Ingresos
5	1	$ 200.00	100.00	$ 20,000.00
6	2	$ 165.38	85.00	$ 14,057.70
7	3	$ 133.33	60.00	$ 8,000.01
8			245.0002	$ 42,057.71
9	Total		Utilidad =	$ 17,557.69

Celda	Fórmula de la celda	Copiada a
D9	= D8-B2*B3	

sujeto a

$$(300 - p_1) + (300 - 1.3p_2) + (300 - 1.8p_3) \le Q$$
$$300 - p_1, 300 - 1.3p_2, 300 - 1.8p_3, Q \ge 0$$

El problema puede formularse en Excel como se muestra en la figura 15-6 para obtener la cantidad inicial óptima y los precios dinámicos a lo largo de la temporada. Todas las celdas, salvo la B2 y la D9, son iguales a las de la figura 15-4.

Es óptimo para el detallista ordenar 245 chaquetas al principio de la temporada. Su precio es de 200 dólares durante el primer mes, de 165.38 dólares durante el segundo mes y de 133.33 dólares durante el tercer mes. La utilidad total del detallista con la cantidad óptima de pedido y los precios dinámicos asciende a 17,557.69 dólares.

En realidad, el problema de los precios dinámicos es más complicado porque la demanda es impredecible y los clientes se comportan estratégicamente en el sentido de que pueden decidir demorar su compra si saben que los precios bajarán con el tiempo. Talluri y Van Ryzin (2004) presentan un excelente análisis de los modelos que pueden usarse en este panorama complejo.

PUNTO CLAVE Los precios dinámicos pueden ser una herramienta muy eficaz para aumentar las utilidades si la sensibilidad al precio de los clientes cambia en el transcurso de la temporada. Esto ocurre a menudo con los productos de moda, respecto de los cuales los clientes son menos sensibles al precio a principios de la temporada, pero se vuelven más sensibles al precio hacia el final de la temporada.

SOBREVENTA

La táctica de reservar o vender en exceso el activo disponible es apropiada en cualquier situación en la que los clientes pueden cancelar los pedidos y el valor del activo se reduce considerablemente después de un plazo establecido. Los ejemplos incluyen asientos de aviones, artículos diseñados especialmente para Navidad y capacidad de producción. En cada caso existe una cantidad limitada del activo disponible, los clientes pueden cancelar los pedidos y el activo pierde valor después de una cierta fecha. Si la tasa de cancelaciones o devoluciones puede pronosticarse con precisión, el nivel de sobreventa es fácil de determinar. Sin embargo, en la práctica, la tasa de cancelaciones o devoluciones no se conoce con certeza.

El equilibrio básico que debe considerarse para sobrevender reside entre tener capacidad desperdiciada (o inventario) debido al exceso de cancelaciones y tener un déficit de capacidad (o inventario) debido a pocas cancelaciones, en cuyo caso es necesario contratar capacidad

de respaldo. El costo de la capacidad desperdiciada es el margen que se habría generado si la capacidad se hubiera usado para producción. El costo de un déficit de capacidad es la pérdida por unidad que resulta de tener que recurrir a una fuente de respaldo. El objetivo al tomar la decisión de sobrevender es maximizar las utilidades de la cadena de suministro mediante la minimización del costo de la capacidad desperdiciada y el costo del déficit de capacidad.

Ahora desarrollamos este equilibrio en términos de una fórmula que puede usarse para establecer los niveles de sobreventa de un activo. Sea p el precio al que se vende cada unidad del activo y c el costo de usar o producir cada unidad del activo. En caso de déficit del activo, sea b el costo por unidad al que puede usarse el respaldo. Por tanto, el costo marginal de tener capacidad desperdiciada es $C_w = p - c$, y el costo marginal de tener déficit de capacidad es $C_s = b - p$. Si el costo de la capacidad de respaldo es menor que el precio de venta, no hay razón para limitar la sobreventa. El caso interesante surge cuando el costo de la capacidad de respaldo es superior al precio de venta. El equilibrio para obtener el nivel óptimo de sobreventa es muy parecido al que se ilustró en el capítulo 12 para obtener el nivel óptimo de ciclo de servicio para artículos de temporada, dado por la ecuación 12.1. Sea O^* el nivel óptimo de sobreventa y s^* la probabilidad de que las cancelaciones sean menores o iguales a O^*. Como en la derivación de la ecuación 12.1, el nivel óptimo de sobreventa se obtiene como sigue:

$$s^* = \text{Prob(cancelaciones} \leq O^*) = \frac{C_w}{C_w + C_s} \qquad \textbf{(15.6)}$$

Si se sabe que, en términos absolutos, la distribución de las cancelaciones está distribuida normalmente, con una media de μ_c y una desviación estándar de σ_c, el nivel óptimo de sobreventa se evalúa así:

$$O^* = F^{-1}(s^*, \mu_c, \sigma_c) = NORMINV(s^*, \mu_c, \sigma_c) \qquad \textbf{(15.7)}$$

Si la distribución de las cancelaciones se conoce sólo como una función del nivel de sobreventa (capacidad L + sobreventa O) y tiene una media de $\mu(L + O)$ y una desviación estándar de $\sigma(L + O)$, el nivel óptimo de sobreventa se obtiene como la solución de la siguiente ecuación:

$$O = F^{-1}(s^*, \mu(L+O), \sigma(L+O)) = NORMINV(s^*, \mu(L+O), \sigma(L+O)) \qquad \textbf{(15.8)}$$

Observe que el nivel óptimo de sobreventa debe aumentar conforme el margen por unidad se incrementa y disminuir a medida que el costo de la capacidad de reemplazo aumenta. Observe también que el uso de sobreventa incrementa la utilización del activo por parte de los clientes. Éste disminuye el número de clientes rechazados y, por tanto, mejora la disponibilidad del activo para el cliente, al tiempo que aumenta las utilidades del propietario del activo.

***Ejemplo 15-5:* Sobreventa**

Considere un proveedor de ropa que acepta pedidos de vestidos con un motivo navideño. La capacidad de producción disponible del proveedor es de 5,000 vestidos, y recibe 10 dólares por cada vestido vendido. Actualmente, el proveedor está recibiendo los pedidos de los detallistas y debe decidir con cuántos pedidos puede comprometerse en este momento. Si tiene pedidos que excedan la capacidad, tendrá que conseguir capacidad de respaldo, que produce una pérdida de 5 dólares por vestido.

Se sabe que algunos detallistas cancelan sus pedidos cerca de la temporada invernal cuando tienen una mejor idea de la demanda esperada. ¿Cuántos pedidos debe aceptar el proveedor si las cancelaciones están distribuidas normalmente, con una media de 800 y una desviación estándar de 400? ¿Cuántos pedidos debe aceptar el proveedor si las cancelaciones están distribuidas normalmente, con una media de 15% de los pedidos aceptados y un coeficiente de variación de 0.5?

Análisis: El proveedor tiene los siguientes parámetros:

Costo de la capacidad desperdiciada, C_w = \$10 por vestido
Costo del déficit de capacidad, C_s = \$5 por vestido

Usando la ecuación 15.6, obtenemos

$$s^* = \frac{C_w}{C_w + C_s} = \frac{10}{10 + 5} = 0.667$$

Si las cancelaciones están distribuidas normalmente, con una media de 800 y una desviación estándar de 400, el nivel óptimo de sobreventa se obtiene con la ecuación 15.7 como sigue:

$$O^* = NORMINV(s^*, \mu_C, \sigma_C) = NORMINV(0.667, 800, 400) = 973$$

En este caso, el proveedor debe sobrevender 973 vestidos y aceptar pedidos por un total de 5,973 vestidos.

Si las cancelaciones están distribuidas normalmente con una media de 15% del nivel de venta y un coeficiente de variación de 0.5, el nivel óptimo de sobreventa se obtiene usando la ecuación 15.8 para que sea la solución de la siguiente ecuación:

$$O = NORMINV(0.667, 0.15(5000 + O), 0.075(5000 + O))$$

Esta ecuación se resuelve con la herramienta Solver de Excel para obtener el nivel óptimo de sobreventa:

$$O^* = 1{,}115$$

En este caso, el proveedor debe sobrevender 1,115 vestidos y aceptar pedidos hasta por 6,115 vestidos.

La sobreventa es una táctica que se ha utilizado en las industrias de la aviación comercial, trenes de pasajeros y hoteles. Sin embargo, no se ha usado en la medida que sería recomendable en muchas situaciones de la cadena de suministro, incluida la capacidad de producción, almacenamiento y transporte. No hay razón para que un almacén de terceros que alquila espacio a múltiples clientes no deba vender espacio en total que rebase el espacio disponible. Como es evidente, se necesitará capacidad de respaldo si todos los clientes usan el espacio de almacenamiento hasta su máxima capacidad. En todos los demás casos, la capacidad disponible del almacén cubrirá la necesidad de espacio. La sobreventa en este caso mejorará los ingresos del almacén y permitirá que más clientes usen el espacio de almacenamiento disponible.

PUNTO CLAVE Vender o reservar en exceso un activo de la cadena de suministro es una táctica valiosa si ocurren cancelaciones de pedidos y el activo es perecedero. El nivel de sobreventa se basa en el equilibrio entre el costo de desperdiciar el activo si hay demasiadas cancelaciones que produzcan activos sin utilizar, y el costo de conseguir un respaldo si hay muy pocas cancelaciones y los pedidos comprometidos rebasan la capacidad disponible.

15.4 FIJACIÓN DE PRECIOS Y ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS PARA DEMANDA ESTACIONAL

Los picos estacionales de demanda son un hecho frecuente en muchas cadenas de suministro. La mayoría de los detallistas en Estados Unidos registran una parte muy considerable de sus ventas anuales durante el mes de diciembre. Un ejemplo es Amazon.com. Como resultado del pico estacional, se produce un aumento significativo en la demanda de capacidad de surtido, empaque y transporte en Amazon.com. Contratar capacidad a corto plazo es caro y reduce los márgenes de Amazon. Como se explicó en el capítulo 9, los descuentos que se ofrecen en temporadas bajas constituyen un método eficaz para transferir la demanda de la temporada alta al periodo de menos actividad. Típicamente, Amazon.com ofrece envío gratis a los pedidos que se colocan en noviembre. El descuento en el precio alienta a algunos clientes a pasar su demanda

de diciembre a noviembre, con lo que se reduce la demanda pico de diciembre para Amazon.com y le permite extraer una utilidad más alta.

Ante los picos estacionales, una táctica eficaz de administración de ingresos consiste en cobrar un precio más alto durante la temporada pico y un precio más bajo durante los periodos de menor demanda. El resultado es una trasferencia de demanda del periodo más activo a los periodos de menor actividad. Este resultado es beneficioso si el descuento otorgado durante el periodo de menor demanda se compensa con creces por la reducción en el costo debido a un pico más pequeño y el incremento de los ingresos durante el periodo no pico. En el capítulo 9 encontrará un análisis detallado de los equilibrios que deben establecerse cuando una empresa usa los precios para hacer frente a los picos estacionales.

La industria hotelera usa precios diferenciados por día de la semana y época del año. En este caso, la meta no es transferir demanda, sino incrementarla en los periodos de menos movimiento atrayendo a clientes sensibles al precio, como las familias que salen de vacaciones, con un descuento en el precio. Marriott Corporation ha tenido mucho éxito en este esfuerzo. Se sabe que la demanda de habitaciones en los hoteles varía de acuerdo con el día de la semana. Para Marriott, que trata de captar clientes de negocios, la demanda pico se da entre semana. Marriott ofrece tarifas más bajas los fines de semana para alentar a las familias a usar el hotel en esos días. Otra táctica de administración de ingresos que Marriott usa es cobrar a los clientes una tarifa más baja si se quedan un periodo más largo que también abarque los días de demanda baja.

Los descuentos en temporada baja pueden ser una táctica eficaz de administración de ingresos para los propietarios de capacidad de producción o transporte en cualquier cadena de suministro que enfrente picos de demanda estacional, porque cambiar la capacidad con el tiempo es caro. Esta táctica incrementa las utilidades del propietario de los activos, reduce el precio que paga una fracción de los clientes y también atrae a posibles nuevos clientes durante el periodo de descuento en temporadas bajas.

15.5 FIJACIÓN DE PRECIOS Y ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS PARA CONTRATOS AL MAYOREO Y AL DETALLE

La mayoría de las empresas enfrentan un mercado en el que algunos clientes compran grandes cantidades con descuento y otros compran una sola unidad o lotes pequeños a precio más alto. Considere a un propietario de capacidad de almacenamiento en una cadena de suministro. La capacidad de almacenamiento puede alquilarse en su totalidad a una compañía grande o en pequeñas cantidades a compañías grandes para cubrir sus necesidades de emergencia o a pequeñas empresas. La compañía grande que alquila la totalidad del espacio típicamente obtiene un descuento en comparación con las otras. El propietario del espacio de almacenamiento se enfrenta así a la siguiente disyuntiva: puede alquilar el espacio al comprador al mayoreo a un precio reducido o reservar parte del espacio para la demanda a precio más alto de pequeñas cantidades de espacio de almacenamiento que puede o no presentarse.

En la mayoría de los casos, los propietarios de los activos de la cadena de suministro prefieren satisfacer toda la demanda que surja de las ventas al mayoreo y tratar de atender a los clientes pequeños sólo si les quedan activos. En contraste, una empresa como McMaster-Carr capta sólo clientes con demanda de emergencia de productos de MRO. McMaster-Carr rechaza a los compradores de grandes cantidades que buscan un descuento. Con esta estrategia, McMaster-Carr es una empresa muy rentable. Para una empresa que quiere atender un nicho de mercado, fijarse como objetivo uno de los dos extremos es una estrategia sensata, porque le permite centrar sus operaciones ya sea en atender al segmento al mayoreo o sólo al mercado al detalle. Sin embargo, para otras empresas, una estrategia híbrida para atender a los dos segmentos es lo más apropiado. En este caso, las empresas deben decidir qué parte del activo vender al mayoreo y qué fracción del activo reservar para el mercado al detalle. El equilibrio fundamental es parecido al caso en el que la empresa atiende dos segmentos del mercado (véase la

sección 15.2). La empresa tiene que decidir los precios para los segmentos al mayoreo y al detalle, así como la cantidad del activo que reservará para el mercado detallista. Los precios de cada segmento pueden determinarse con las ecuaciones 15.1 y 15.2. La cantidad reservada para la venta al detalle debe ser tal que el ingreso marginal esperado del mercado detallista sea igual al ingreso actual generado por una venta al mayoreo. La cantidad reservada se ve afectada por la diferencia en el margen entre la venta al detalle y la venta al mayoreo y también la distribución de la demanda del mercado detallista. Si consideramos que éste es el segmento de precio alto y que los compradores al mayoreo constituyen el segmento de precio bajo, la cantidad del activo que se reservará para el mercado detallista se puede obtener usando las ecuaciones 15.3 y 15.4.

Cada comprador de activos de producción, almacenamiento y transporte en una cadena de suministro necesita tomar una decisión semejante. Considere una compañía que busca capacidad de transporte para sus operaciones globales. Una opción es firmar un contrato al mayoreo a largo plazo con una compañía transportista. Otra opción es comprar capacidad de transporte en el mercado detallista. El contrato al mayoreo a largo plazo tiene la ventaja de ofrecer un precio bajo fijo, pero también tiene la desventaja de que la capacidad se desperdicia si no se utiliza. El mercado detallista tiene la desventaja de que el precio promedio es más alto, pero tiene la ventaja de que la capacidad nunca se desperdicia. El comprador debe tomar en consideración este equilibrio al decidir la cantidad de contratos de transporte al mayoreo a largo plazo que firmará.

Dado que el precio al detalle y la necesidad del activo que tendrá el comprador no se conocen con certeza, debe usarse un método de árbol de decisiones, como se explicó en el capítulo 6, para evaluar la cantidad del contrato al mayoreo a largo plazo que se firmará. Para el caso sencillo en que se conoce el precio al detalle pero la demanda es incierta, el alcance del contrato al mayoreo se evalúa usando una fórmula. Sea c_B el precio al mayoreo y c_S el precio al detalle del activo. Sea Q^* la cantidad óptima del activo que se comprará al mayoreo y p^* la probabilidad de que la demanda del activo no sea superior a Q^*. El costo marginal de comprar otra unidad al mayoreo es c_B. El costo marginal esperado de no comprar otra unidad al mayoreo y luego comprarla al detalle es de $(1 - p^*)c_S$. Si la cantidad óptima del activo se compra al mayoreo, el costo marginal de la compra al mayoreo debe ser igual al costo marginal esperado de la compra al detalle; esto es $c_B = (1 - p^*)c_S$. Por tanto, el valor óptimo de p^* se obtiene como

$$p^* = \frac{c_S - c_B}{c_S} \qquad \textbf{(15.9)}$$

Si la demanda está distribuida normalmente, con una media de μ y una desviación estándar de σ, la cantidad óptima, Q^*, del activo que se compra al mayoreo se obtiene como

$$Q^* = F^{-1}(p^*, \mu, \sigma) = NORMINV(p^*, \mu, \sigma) \qquad \textbf{(15.10)}$$

Observe que la cantidad de la compra al mayoreo aumenta si el precio al detalle aumenta o el precio al mayoreo se reduce.

Ejemplo 15-6: **Contratos al mayoreo a largo plazo frente al mercado detallista**

Un fabricante compra varios componentes en China y tiene necesidades mensuales de transporte que están distribuidas normalmente, con una media de $\mu = 10$ millones de unidades y una desviación estándar de $\sigma = 4$ millones de unidades. El fabricante debe decidir la cartera de contratos de transporte que mantendrá. Un contrato al mayoreo a largo plazo cuesta 10,000 dólares al mes por un millón de unidades. También puede conseguir capacidad de transporte en el mercado detallista a un precio promedio de 12,500 dólares por un millón de unidades. ¿Para cuánta capacidad de transporte debe el fabricante firmar un contrato al mayoreo a largo plazo?

Análisis: En este caso tenemos

Costo del contrato al mayoreo, c_B = \$10,000 por un millón de unidades
Costo del mercado al detalle, c_S = \$12,500 por un millón de unidades

Usando la ecuación 15.9, obtenemos

$$p^* = \frac{c_S - c_B}{c_S} = \frac{12{,}500 - 10{,}000}{12{,}500} = 0.2$$

La cantidad óptima que se comprará con el contrato al mayoreo a largo plazo se obtiene entonces usando la ecuación 15.10 y es:

$$Q^* = NORMINV(p^*, \mu, \sigma) = NORMINV(0.2, 10, 4) = 6.63$$

Así, el fabricante debe firmar un contrato al mayoreo a largo plazo por 6.63 millones de unidades al mes y comprar la capacidad de transporte que rebase esta cifra en el mercado detallista.

PUNTO CLAVE La mayoría de los consumidores de activos de producción, almacenamiento y transporte en una cadena de suministro enfrentan el problema de conformar una cartera de contratos al mayoreo a largo plazo y contratos al detalle. La decisión básica es el tamaño del contrato al mayoreo. La disyuntiva fundamental reside en decidir entre desperdiciar una parte de un contrato al mayoreo de bajo costo y pagar más por el activo en el mercado detallista.

15.6 EL PAPEL DE LA TI EN LA FIJACIÓN DE PRECIOS Y LA ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS

El papel de la TI en la fijación de precios y la administración de ingresos (PRM, del inglés *pricing and revenue management*) tiene un largo historial que, en su mayor parte, es independiente del software de cadena de suministro. Las principales compañías de software en esta área evolucionaron principalmente de la industria de la aviación comercial y, en general, no son líderes en software de cadena de suministro. Hay tres áreas importantes en las que el software PRM ha tenido impacto fundamental.

La fijación de precios de los activos perecederos, practicada por primera vez en la industria de los viajes, es donde se originó el software de administración de ingresos. Desde la década de 1980, las aerolíneas son usuarios avanzados de la administración de ingresos para mejorar la rentabilidad. Muchas aerolíneas desarrollaron sus propios sistemas de administración de ingresos, siendo American Airlines uno de los líderes. Sabre, una empresa que se formó de una división de American Airlines, es ahora una de las compañías más importantes de administración de ingresos. El uso de sistemas de administración de ingresos se ha extendido en la actualidad a los hoteles y compañías de alquiler de automóviles.

La segunda área de impacto de la TI dentro del área de PRM es el precio de los bienes que se venden al detalle en la categoría de bienes de consumo empacados. Los líderes en esta área han sido los supermercados y farmacias que han utilizado esta tecnología para establecer los precios de sus productos al nivel de venta al detalle. El problema de precios que enfrentan se relaciona tanto con los precios normales como con los promocionales. Las empresas como DemandTec han sido pioneras en esta área.

Los sistemas PRM también han tenido impacto significativo en los productos de moda, en especial en la ropa. Aquí, el reto gira en torno de cómo rebajar óptimamente el precio de los productos a medida que los estilos y temporadas cambian. El objetivo es rebajar el precio a un nivel en el que se venda la mayoría del producto, pero sin rebajarlo tanto que se pierdan las utilidades. Las empresas de software como ProfitLogic ofrecen productos en esta área.

Las principales dificultades en el área de fijación de precios y administración de ingresos de la TI giran alrededor de vincular las decisiones de PRM con otras áreas y sistemas de la compañía. Los precios se determinan, por lo general, dentro de un área relativamente bien definida de una compañía, lo que facilita la instalación de software de fijación de precios. Sin embargo, esta facilidad de instalación puede ocasionar problemas si no hay integración con los sistemas de inventario, distribución y producción. Un problema común es cuando el software emite una recomendación de reducción de precios, lo que a su vez produce un repunte repentino de la demanda. Esto crea clientes insatisfechos si no hay inventario suficiente porque los sistemas de fijación de precios no se comunicaron con el sistema de administración de inventario. Esta falta de coordinación puede ser muy perjudicial y diluir en gran medida los beneficios de PRM.

Muchos de los principales proveedores de software de cadena de suministro han tratado de incursionar en el ámbito de la PRM, ya sea por medio de desarrollo interno o adquisición. Al final como ha ocurrido prácticamente en todos los segmentos de la cadena de suministro, son los grandes actores los que dominarán esta área y se convertirán en una fuerza significativa. Sin embargo, en esta etapa, las empresas que atienden este nicho se están desempeñando bien.

15.7 USO DE LA FIJACIÓN DE PRECIOS Y LA ADMINISTRACIÓN DE INGRESOS EN LA PRÁCTICA

1. ***Evaluar el mercado cuidadosamente.*** El primer paso en la administración de ingresos es identificar los segmentos de clientes que se atienden y sus necesidades. El objetivo es entender lo que el cliente compra, en lugar de lo que uno vende. Si una aerolínea cree que sólo vende asientos, no puede usar la administración de ingresos. Tiene que pensar que vende asientos y en la capacidad de reservar en el último momento, modificar los planes de vuelo y elegir un itinerario de vuelos conveniente. Sólo entonces se presentarán las oportunidades para administrar los ingresos.

Después de identificar las necesidades del mercado, es crucial recopilar datos precisos y completos en relación con los productos ofrecidos, los precios, la competencia y, lo más importante, el comportamiento de los clientes. La información sobre el comportamiento de los clientes es un activo valioso que ayuda a identificar las preferencias de los consumidores. En última instancia, un entendimiento adecuado de las preferencias de los clientes y la cuantificación del impacto de diversas tácticas en el comportamiento del consumidor son la parte medular de la administración exitosa de los ingresos.

2. ***Cuantificar los beneficios de la administración de ingresos.*** Es crucial cuantificar los beneficios esperados de la administración de ingresos antes de emprender el proyecto. Idealmente, los datos históricos y un buen modelo de las preferencias de los clientes deben usarse para estimar los beneficios por medio de una simulación. El resultado de este paso debe ser el establecimiento de los objetivos explícitos que se alcanzarán como resultado de la administración de ingresos. Los objetivos de ingresos deben ser tales que todos los interesados crean en ellos. El esfuerzo de administración de ingresos debe compararse entonces con el beneficio esperado.

3. ***Implementar un proceso de pronóstico.*** El fundamento de todo sistema de administración es la función de formulación de pronósticos. Para alcanzar el éxito en el uso de la técnica de sobreventa, una aerolínea debe poder pronosticar los patrones de las cancelaciones. Por pronóstico no nos referimos a una estimación que siempre es precisa. Un pronóstico implica estimar la demanda y también atribuir un error esperado al propio pronóstico. Tanto el valor estimado como el error esperado son datos importantes en cualquier modelo de administración de ingresos.

En general, es muy difícil hacer pronósticos al nivel micro, donde todo comportamiento es, en esencia, idiosincrásico. Por ejemplo, a una aerolínea con 100 clases de tarifas le resultará muy difícil pronosticar la demanda de cada clase y también pronosticar el comportamiento de los clientes cuando no pueden conseguir la tarifa que desean porque la clase está llena. Por tanto, es importante asegurar que las tácticas de administración de ingresos se planeen con base en un nivel suficientemente agregado que posibilite los pronósticos eficaces.

Por último, a medida que se disponga de nueva información, deben hacerse nuevos pronósticos para ver si las tácticas de administración de ingresos que se aplican en la actualidad siguen siendo apropiadas. La frecuencia de los pronósticos dependerá de la cantidad de actividad del mercado. Idealmente, la decisión sobre los pronósticos y la administración de ingresos debe evaluarse después de cada transacción.

4. ***Aplicar la optimización para obtener la decisión de administración de ingresos.*** La meta de la optimización es usar los pronósticos del comportamiento de los clientes para identificar la táctica de administración de ingresos que será más eficaz. La decisión de sobrevender en un hotel es sólo el principio del proceso de administración de ingresos. El éxito final de este esfuerzo

depende del nivel de sobreventa que determine el hotel. Un nivel demasiado elevado producirá clientes molestos y un costo elevado de proporcionarles espacio. Un nivel demasiado bajo producirá habitaciones vacías e ingresos perdidos. La optimización permite al hotel identificar el nivel de sobreventa que maximiza las utilidades.

5. *Dar participación tanto a ventas como a operaciones.* Los vendedores deben entender la táctica de administración de ingresos implementada para que puedan alinear sus argumentos de venta en consecuencia. No tiene sentido que una empresa ofrezca un descuento en temporada baja si el equipo de vendedores continúa presionando a la gente para que compre en el periodo con los precios más altos. Los vendedores deben diferenciar entre los clientes que verdaderamente necesitan el activo de la cadena de suministro durante el periodo pico y los que se beneficiarán de transferir sus pedidos al periodo de menor movimiento. Este enfoque incrementa las utilidades de la empresa y también satisface a los clientes. El área de operaciones debe entender los posibles resultados de las tácticas de administración de ingresos y mantenerse informada de los resultados reales que se están obteniendo. Por ejemplo, el área de operaciones de una aerolínea que usa la sobreventa debe estar preparada para colocar en otros posibles vuelos a los pasajeros que no pueden salir en el vuelo lleno que habían reservado.

6. *Entender e informar al cliente.* Los clientes tendrán una percepción negativa de las tácticas de administración de ingresos si éstas se presentan simplemente como un mecanismo para obtener el máximo nivel de ingresos. Es probable que dicha percepción disminuya la lealtad de los clientes a largo plazo. Así, es importante que la empresa estructure su programa de administración de ingresos de modo que los ingresos aumenten, pero que también el servicio mejore en alguna dimensión que sea importante para los clientes que pagan el precio más alto. Como se mencionó antes en el capítulo, la implementación correcta de las tácticas de administración de ingresos debe lograr ambos resultados. Es importante que la empresa transmita esta información a sus clientes más valiosos. Recuerde que un cambio en el comportamiento de este grupo de clientes puede destruir cualquier posible beneficio de un programa de administración de ingresos.

7. *Integrar la planeación de la oferta con la administración de ingresos.* Aunque las ideas de planeación de la oferta y administración de los ingresos que analizamos en este libro son valiosas en sí mismas, si se combinan pueden crear considerablemente más valor. Lo importante aquí es no usar la administración de ingresos en forma aislada, sino combinarla con decisiones referentes a la oferta. Por ejemplo, si después de aplicar la administración de ingresos un fabricante descubre que la producción de una instalación que ofrece un tiempo de espera corto produce la mayor parte de sus utilidades, debe estudiar la posibilidad de agregar más capacidad con tiempo de espera corto. Entender y actuar en respuesta a las interacciones entre la oferta, demanda y precios puede producir resultados muy satisfactorios.

15.8 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender el papel de la administración de ingresos en una cadena de suministro.
   La administración de ingresos usa precios diferenciados para ajustar mejor la oferta a la demanda y aumentar las utilidades de la cadena de suministro. Tradicionalmente, las empresas han cambiado la disponibilidad de los activos para ajustar la oferta a la demanda. La administración de ingresos trata de reducir los desequilibrios entre oferta y demanda usando los precios como palanca. Una de las grandes ventajas de usar la administración de ingresos es que un cambio en los precios es mucho más fácil de revertir en comparación con una inversión en activos de la cadena de suministro. Cuando se usa adecuadamente, la administración de ingresos aumenta las utilidades de la empresa y los clientes valiosos quedan más satisfechos con la mayor disponibilidad de los activos.
2. Identificar las condiciones en las que las tácticas de administración de ingresos pueden ser eficaces.
   Las tácticas de administración de ingresos pueden ser muy eficaces si la empresa atiende a múltiples segmentos y cada uno de ellos atribuye un valor diferente al activo de la cadena de suministro, o el activo es perecedero y pierde valor con el tiempo, o la demanda del activo tiene picos estacionales claramente marcados, o el activo puede comprarse y venderse tanto con contratos al mayoreo a largo plazo como en el mercado detallista.

3. Describir los equilibrios que deben considerarse cuando se toman decisiones relativas a la administración de ingresos.

   Cuando se atiende a varios segmentos de clientes, la decisión básica de administración de ingresos es la cantidad del activo que se reservará para el segmento de precio alto. El equilibrio está entre ahorrar demasiado y desperdiciar el activo si la demanda de precio alto no se concreta y rechazar a los clientes que pagan el precio más alto porque se reservó demasiado poco del activo. Cuando el activo es perecedero, las decisiones básicas de administración de ingresos se refieren a cómo cambiar el precio del activo a través del tiempo y el grado hasta cual debe sobrevenderse el activo. Cuando se cambia el precio del activo a través del tiempo, el equilibrio está entre cobrar un precio más alto al principio y tener demasiado inventario sobrante para descontarlo más adelante, y cobrar un precio bajo al principio y tener muy poco inventario sobrante. Cuando el activo se sobrevende, el equilibrio está entre no sobrevender en cantidad suficiente y desperdiciar el activo disponible y sobrevender demasiado y tener que conseguir capacidad de respaldo a un costo elevado. Cuando la demanda tiene picos estacionales claramente marcados, la decisión básica de administración de ingresos se refiere al momento y magnitud del descuento fuera de la temporada alta. El equilibrio está entre el costo adicional de atender el pico estacional y el impacto en la demanda y, por tanto, en los ingresos que produce ofrecer un descuento en temporada baja. Para un vendedor que usa contratos al mayoreo a largo plazo y al detalle, la decisión básica de administración de ingresos es la fracción del activo que debe reservar para el mercado detallista. El equilibrio fundamental está entre obtener una demanda asegurada a precio más bajo con el contrato al mayoreo y posiblemente obtener un precio alto en el mercado detallista. Para un comprador, la decisión básica es la fracción de demanda anticipada que debe comprar con un contrato al mayoreo a largo plazo. El equilibrio fundamental está entre obtener un contrato al mayoreo a largo plazo a un precio bajo que tal vez no se use por completo y comprar sólo la cantidad requerida en el mercado detallista, pero a un precio más alto.

Preguntas de discusión

1. ¿De qué maneras puede un detallista como Nordstrom aprovechar las oportunidades que le ofrece la administración de ingresos?
2. ¿Qué oportunidades brinda la administración de ingresos a un fabricante? ¿Cómo puede aprovechar estas oportunidades?
3. ¿Qué oportunidades brinda la administración de ingresos a una empresa transportista? ¿Cómo puede aprovechar estas oportunidades?
4. ¿Qué oportunidades brinda la administración de ingresos al propietario de un almacén y cómo puede aprovecharlas?
5. Explique el uso de tiendas de descuento por parte de detallistas como Saks Fifth Avenue en el contexto de la administración de ingresos. ¿Cómo ayuda a Saks la presencia de tiendas de descuento? ¿Cómo ayuda a sus clientes más valiosos, que están dispuestos a pagar el precio completo?
6. La demanda de los salones de belleza es mucho más alta el fin de semana, cuando la gente no trabaja. ¿Qué técnicas de administración de ingresos puede usar un negocio así?
7. ¿Cómo se pueden usar las técnicas de administración de ingresos en un campo de golf para mejorar el desempeño financiero?

Ejercicios

1. Felgas, un fabricante de empaques de fieltro, tiene capacidad de producción de 1,000 unidades al día. En la actualidad, la empresa vende capacidad de producción a 5 dólares por unidad. A este precio, toda la capacidad de producción se vende aproximadamente con una semana de anticipación. Varios clientes han dicho que estarían dispuestos a pagar el doble (10 dólares por unidad) si Felgas tuviera capacidad disponible el último día. Alrededor de 10 días antes, la demanda del segmento de precio alto está distribuida normalmente con una media de 250 y una desviación estándar de 100. ¿Cuánta capacidad de producción debe reservar Felgas para el último día?
2. El GoGo Bunny es un juguete muy popular esta Navidad, y el fabricante ha decidido racionar la oferta a todos los detallistas. Una cadena grande de tiendas detallistas es propietaria de dos canales: un canal de descuento y otro de lujo. El detallista planea vender el juguete con un margen de 4 dólares en

el canal de descuento y con un margen de 8 dólares en el canal de lujo. El fabricante vende 100,000 juguetes GoGo Bunny al detallista. Éste ha pronosticado que la demanda del juguete en el canal de lujo está distribuida normalmente, con una media de 400,000 y una desviación estándar de 150,000. ¿Cuántos juguetes debe enviar el detallista al canal de lujo?

3. Un almacén pequeño tiene 100,000 pies cuadrados de capacidad. El gerente del almacén se encuentra en el proceso de firmar contratos de espacio de almacenamiento con los clientes. El contrato establece una cuota mensual de 200 dólares por cliente, que se paga por adelantado, y después una cuota de 3 dólares por pie cuadrado basada en la utilización real. El almacén garantiza la cantidad contratada, incluso si tiene que contratar espacio adicional al precio de 6 dólares por pie cuadrado. El gerente cree que no es probable que los clientes usen toda la cantidad contratada en todo momento. En consecuencia, está pensando en firmar contratos que rebasan la capacidad de 100,000 pies cuadrados. Pronostica que el espacio sin utilizar estará distribuido normalmente, con una media de 20,000 pies cuadrados y una desviación estándar de 10,000 pies cuadrados. ¿Cuál es el tamaño total de los contratos que debe firmar? Si pronostica que el espacio sin utilizar estará distribuido normalmente, con una media de 15% de la cantidad contratada y un coeficiente de variación de 0.6, ¿por qué cantidad total de espacio debe firmar los contratos?
4. Una empresa transportista tiene capacidad actual de 200,000 pies cúbicos. Un fabricante grande está dispuesto a comprar toda la capacidad a 0.10 dólares por pie cúbico al día. El gerente de la empresa transportista ha observado que en el mercado detallista, la capacidad de transporte se vende en promedio en 0.13 dólares por pie cúbico al día. Sin embargo, la demanda a este precio no está garantizada. El gerente pronostica que la demanda diaria en el mercado detallista estará distribuida normalmente, con una media de 60,000 pies cúbicos y una desviación estándar de 20,000. ¿Cuánta capacidad de transporte debe reservar el gerente para el mercado detallista?
5. El gerente de una empresa manufacturera grande está planeando las necesidades de almacenamiento para el próximo año. Pronostica que dichas necesidades estarán distribuidas normalmente, con una media de 500,000 pies cuadrados y una desviación estándar de 150,000. El gerente puede conseguir un contrato de arrendamiento por un año completo a 0.50 dólares por pie cuadrado al mes, o comprar espacio de almacenamiento en el mercado detallista. Los precios en este mercado han promediado 0.70 dólares por pie cuadrado al mes. ¿Por qué cantidad debe firmar el gerente un contrato anual?
6. NatBike, un fabricante de bicicletas, ha identificado dos segmentos de clientes: uno que prefiere una bicicleta personalizada y está dispuesto a pagar un precio más alto y otro que está dispuesto a aceptar la bicicleta estandarizada, pero es más sensible al precio. Suponga que el costo de fabricar cualquiera de las dos bicicletas es de 200 dólares. La demanda del segmento personalizado tiene una curva de demanda de $d_1 = 20{,}000 - 10p_1$ y la demanda del segmento estándar, sensible al precio es de $d_2 = 40{,}000 - 30p_2$. ¿Qué precio debe cobrar NatBike a cada segmento si no hay restricciones de capacidad? ¿Qué precio debe cobrar NatBike a cada segmento si la capacidad disponible total es de 20,000 bicicletas? ¿Cuál es la utilidad total en cada caso?
7. Reconsidere a NatBike, el fabricante de bicicletas del ejercicio 6. Ahora suponga que la fabricación de una bicicleta personalizada cuesta 300 dólares, mientras que la de una bicicleta estandarizada cuesta 200 dólares, con todos los demás datos como en el ejercicio 6. ¿Qué precio debe cobrar NatBike a cada segmento si no hay restricciones de capacidad? ¿Qué precio debe cobrar NatBike a cada segmento si la capacidad disponible total es de 20,000 bicicletas? ¿Cuál es la utilidad total en cada caso?
8. Reconsidere a NatBike, el fabricante de bicicletas del ejercicio 6. Esta vez suponga que la planta tiene una capacidad de 20,000 bicicletas. Si se puede agregar capacidad al costo de 25 dólares por bicicleta, ¿qué precio debe cobrar NatBike a cada uno de los dos segmentos y cuánta capacidad debe agregar? ¿Cómo se afectan las utilidades en relación con el ejercicio 6?
9. Una tienda de departamentos ha comprado 5,000 trajes de baño para venderlos durante la temporada de ventas de verano. La temporada dura tres meses y el gerente de la tienda pronostica que es probable que los clientes que compran a principios de la temporada sean menos sensibles al precio y que los que compran posteriormente en la temporada sean más sensibles al precio. Se pronostica que las curvas de demanda en cada uno de los tres meses serán las siguientes: $d_1 = 2{,}000 - 10p_1$; $d_2 = 2{,}000 - 20p_2$; y $d_3 = 2{,}000 - 30p_3$. Si la tienda de departamentos quiere cobrar un precio fijo durante toda la temporada, ¿qué precio tendría que cobrar? ¿Cuáles serán los ingresos resultantes? Si la tienda

de departamentos necesita precios dinámicos que varíen por mes, ¿qué precios tendría que cobrar? ¿Cómo afecta esto las utilidades en relación con cobrar precios fijos? Si cada traje de baño cuesta 40 dólares y la tienda planea cobrar precios dinámicos, ¿cuántos trajes de bajo debe comprar al inicio de la temporada?

Bibliografía

Cross, Robert G., *Revenue Management,* Nueva York, Bantam Doubleday Dell, 1997.

Daudel, Sylvain y Georges Vialle, *Yield Management: Applications to Air Transport and Other Service Industries,* París, Institut du Transport Aerien, 1994.

Talluri, Kalyan T. y Garrett J. Van Ryzin, *The Theory and Practice of Revenue Management,* Boston, Kluwer Academic, 2004.

Tayur, Sridhar, Ram Ganeshan y Michael Magazine, eds., *Quantitative Models for Supply Chain Management,* Boston, Kluwer Academic, 1999.

CAPÍTULO 16

TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Entender la importancia de la información y la tecnología de la información en una cadena de suministro.
2. Conocer a un nivel alto cómo las directrices de la cadena de suministro usan la información.
3. Entender las principales aplicaciones de la tecnología de la información en la cadena de suministro y los procesos que estas aplicaciones permiten.

La información es crucial para el desempeño de la cadena de suministro porque constituye la base sobre la cual los gerentes toman decisiones. La tecnología de la información consta de herramientas que se emplean para conocer la información, analizarla y ejecutar acciones basadas en ésta para mejorar el desempeño de la cadena de suministro. En este capítulo exploramos la importancia de la información, sus usos y las tecnologías que permiten a los gerentes de la cadena de suministro usar la información para tomar mejores decisiones.

16.1 EL PAPEL DE LA TI EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La información es una directriz clave de la cadena de suministro porque actúa como el aglutinante que permite que todas las demás directrices de la cadena funcionen en conjunto, con la meta de crear una cadena de suministro integrada y coordinada. La información es crucial para el desempeño porque proporciona la base sobre la cual los procesos de la cadena ejecutan las transacciones y los gerentes toman decisiones. Sin información, el gerente no puede saber qué quieren los clientes, cuánto inventario hay y cuándo debe producirse o enviarse más producto. En resumen, sin información, el gerente sólo puede tomar decisiones a ciegas. Por tanto, la información hace visible la cadena de suministro para el gerente. Con esta visibilidad, el gerente puede tomar decisiones para mejorar el desempeño de la cadena.

Dado el papel que desempeña la información en el éxito de la cadena de suministro, los gerentes deben entender cómo se recopila y analiza la información. Aquí es donde interviene la TI. La TI consiste en el hardware, software y personal de la cadena de suministro que recopila, analiza y ejecuta acciones con base en la información. La TI actúa como los ojos y oídos (y, a veces, como una parte del cerebro) de la administración de una cadena de suministro, captando y analizando la información necesaria que permite tomar buenas decisiones. Por ejemplo, un sistema de TI de un fabricante de computadoras personales puede indicar al gerente cuántos procesadores hay actualmente en existencia. La TI se usa también para analizar la información y recomendar una acción. En esta función, un sistema de TI podría tomar el número de procesadores en inventario, estudiar los pronósticos de la demanda y determinar si es necesario ordenar más procesadores de Intel.

El uso de sistemas de TI para capturar y analizar información tiene impacto significativo en el desempeño de una empresa. Por ejemplo, uno de los principales fabricantes de estaciones de trabajo y servidores descubrió que la mayoría de la información que tenía sobre la demanda de los clientes no se utilizaba para establecer los programas de producción o los niveles de inventario. El grupo manufacturero carecía de esta información sobre la demanda, lo que, en esencia, los obligaba a tomar decisiones a ciegas sobre el inventario y la producción. La compañía instaló un sistema de software de cadena de suministro y pudo recopilar y analizar datos sobre la demanda para producir los niveles recomendados de existencias. El uso del sistema de TI permitió a la compañía reducir su inventario a la mitad porque los gerentes podían tomar decisiones basadas en información de la demanda de los clientes en lugar de en cálculos aproximados de fabricación. Los impactos grandes como éste subrayan la importancia de la TI como directriz del desempeño de la cadena de suministro.

La información es la clave del éxito de una cadena de suministro porque permite a la administración tomar decisiones en un panorama amplio que abarca funciones y compañías. Como se expuso en el capítulo 2, una estrategia exitosa es resultado de ver la cadena de suministro como un todo en vez de considerar sólo las etapas en lo individual. Al considerar el panorama global de toda la cadena de suministro, el gerente puede diseñar estrategias que toman en cuenta todos los factores que afectan la cadena en vez de sólo los que afectan una etapa o función en particular. Tomar en cuenta toda la cadena maximiza las utilidades de ésta, lo que a su vez aumenta las utilidades de cada compañía que participa en la cadena.

¿Cómo puede el gerente obtener este panorama general? El panorama de la cadena de suministro está formado en su totalidad por información, y la amplitud de esta información determina si el panorama es global o local. Para obtener un panorama global de la cadena de suministro, el gerente necesita información precisa y oportuna de todas las funciones de la compañía y las organizaciones que forman la cadena de suministro. Por ejemplo, para tratar de determinar los programas de producción, no basta que el fabricante de estaciones de trabajo mencionado anteriormente sepa de cuánto inventario dispone la compañía. El gerente también necesita conocer la demanda corriente abajo e incluso los tiempos de espera y variabilidad del proveedor corriente arriba. Con este panorama más amplio, la compañía puede establecer programas de producción y niveles de inventario que maximizan la rentabilidad.

La información debe tener las siguientes características para ser útil cuando se toman las decisiones relativas a la cadena de suministro:

1. ***La información debe ser precisa.*** Sin información que proporcione una verdadera idea del estado de la cadena de suministro, es muy difícil tomar buenas decisiones. Esto no significa que toda la información deba ser 100% correcta, sino que los datos disponibles representen una situación que por lo menos apunte en la dirección correcta.
2. ***La información debe ser accesible de manera oportuna.*** Con frecuencia existe información precisa, pero cuando está disponible, ya está obsoleta o, si está al día, no está en formato accesible. Para tomar buenas decisiones, el gerente necesita tener información actualizada que sea fácilmente accesible.
3. ***La información debe ser del tipo correcto.*** Los encargados de tomar decisiones necesitan información que puedan usar. A menudo, las compañías tienen grandes cantidades de datos que no son útiles para tomar una decisión. Las compañías tienen que pensar detenidamente en qué información deben registrar para no desperdiciar recursos valiosos recopilando datos sin sentido, mientras que los que son importantes pasan inadvertidos.

La información es un ingrediente clave no sólo en cada etapa de la cadena de suministro, sino también dentro de cada fase de la toma de decisiones en la cadena de suministro: desde la fase estratégica, pasando por la fase de planeación, hasta la fase de operación (véase el capítulo 1). Por ejemplo, la información y su análisis desempeñan una función importante durante la formulación de la estrategia de la cadena de suministro porque proporcionan la base de decisiones como dónde establecer los límites entre las etapas de empuje y tirón. La información también desempeña una función fundamental en el otro lado del espectro, el de las decisiones

de operación; por ejemplo, qué productos se producirán en la corrida de producción de hoy. Los gerentes deben entender cómo analizar la información para tomar buenas decisiones. Buena parte de este libro trata exclusivamente de esa idea: cómo identificar un problema de la cadena de suministro que necesite resolverse, obtener información, analizarla y después tomar una buena decisión para actuar en consecuencia.

Por ejemplo, Wal-Mart ha sido pionera no sólo en capturar información, sino también en entender cómo analizarla para tomar buenas decisiones. Wal-Mart recopila datos en tiempo real sobre los productos que se compran en cada una de sus tiendas y luego envía estos datos a los fabricantes. Wal-Mart analiza esta información de la demanda para determinar cuánto inventario mantener en cada tienda y decidir cuándo ordenar nuevas cargas de producto al fabricante. Éste usa la información para establecer programas de producción que satisfagan puntualmente la demanda de Wal-Mart. Tanto Wal-Mart como sus principales proveedores no sólo capturan la información que tienen, sino que también la analizan y basan sus acciones en este análisis.

La información se usa para tomar una amplia variedad de decisiones sobre cada una de las directrices de la cadena de suministro, como se analiza aquí.

1. ***Instalaciones.*** Para determinar la ubicación, capacidad y programas de una instalación se necesita información sobre los equilibrios entre eficiencia y flexibilidad, demanda, tipos de cambio, impuestos, etcétera (véanse los capítulos 4, 5 y 6). Los proveedores de Wal-Mart usan la información de la demanda de las tiendas de Wal-Mart para definir sus programas de producción. Wal-Mart usa esta información para determinar dónde situar sus nuevas tiendas e instalaciones de cruce de andén.
2. ***Inventario.*** Para establecer políticas de inventario óptimas se necesita información que incluya las pautas de la demanda, el costo de mantener inventario, los costos de desabasto y los de ordenar (véanse los capítulos 10, 11 y 12). Por ejemplo, Wal-Mart recopila información detallada sobre la demanda, costo, margen y proveedores para tomar estas decisiones de política de inventario.
3. ***Transporte.*** Para decidir sobre las redes de transporte, rutas, medios, embarques y proveedores se necesita información sobre costos, ubicaciones de los clientes y tamaño de los embarques para tomar buenas decisiones (véase el capítulo 13). Wal-Mart usa información para integrar estrechamente sus operaciones con las de sus proveedores. Esta integración permite a Wal-Mart implementar cruces de andén en su red de transporte y ahorrar tanto en costos de inventario como de transporte.
4. ***Aprovisionamiento.*** La información sobre márgenes de los productos, precios, calidad, tiempos de espera de la entrega, etcétera, es muy importante para tomar decisiones de aprovisionamiento. Dadas las transacciones de aprovisionamiento entre empresas, también hay una amplia gama de información sobre transacciones que deben registrarse para ejecutar las operaciones, incluso después de haber tomado las decisiones relativas al aprovisionamiento.
5. ***Fijación de precios y administración de ingresos.*** Para establecer políticas de fijación de precios, se necesita información sobre la demanda, tanto del volumen como de la disposición a pagar de los diversos segmentos de clientes, y de muchos aspectos relacionados con la oferta, como el margen, tiempo de espera y disponibilidad del producto. Si usan esta información, las empresas pueden tomar decisiones inteligentes sobre precios para mejorar la rentabilidad de la cadena de suministro.

En resumen, la información es crucial para tomar buenas decisiones en los tres niveles de la cadena (estrategia, planeación y operaciones) y en cada una de las otras directrices de la cadena de suministro (instalaciones, inventario, transporte, aprovisionamiento y precios). La TI permite no sólo recopilar estos datos para crear visibilidad de la cadena de suministro, sino también el análisis de estos datos para que las decisiones tomadas maximicen la rentabilidad.

16.2 EL MARCO DE TI PARA LA CADENA DE SUMINISTRO

Dado el amplio campo de información que hemos analizado, es importante crear un marco que ayude al gerente a entender cómo se utiliza esta información en los distintos segmentos de la TI dentro de la cadena de suministro. Nuestra visión de este marco se presenta en las siguientes secciones de este capítulo. Es importante hacer notar que el software empresarial ha permitido el uso cada vez mayor de la información en la cadena de suministro. El software empresarial recopila datos de las transacciones, analiza estos datos para tomar decisiones y ejecuta acciones basadas en estas decisiones tanto dentro de la empresa como en toda la cadena de suministro. Desde luego, otras partes de la TI, además del software empresarial, como el hardware, los servicios de implementación y de apoyo, son cruciales para que la TI sea eficaz. Sin embargo, dentro de la cadena de suministro, las diferentes capacidades proporcionadas por la TI tienen como su componente más básico las capacidades del software empresarial de la cadena de suministro. En muchos sentidos, el software determina toda la industria de la TI empresarial y los demás componentes siguen las pautas marcadas por el software. Por esta razón, usamos el software empresarial y su evolución como guía principal para analizar la TI y su impacto en la cadena de suministro. La evolución del software empresarial permite no sólo entrever el futuro de la TI, sino proporciona una idea clara de cuáles son los procesos fundamentales de la cadena de suministro. Ahora hablaremos de esta evolución y su impacto en los procesos de la cadena de suministro de las compañías.

El panorama del software empresarial se superpobló cada vez más a finales de la década de 1990. El flujo sin precedentes de capital de riesgo hacia nuevas compañías de software produjo no sólo un aumento de estas empresas, sino también una proliferación de categorías enteras de software. El crecimiento del número de compañías de software, la aparición de nuevas categorías y la expansión de líneas de productos de software se combinaron para crear un panorama del software empresarial que no sólo estaba más poblado que en el pasado, sino que era también mucho más dinámico. Era un entorno propicio para un cambio evolutivo trascendental.

La reducción en el gasto en tecnología a principios de la década de 2000 produjo esta presión evolutiva que ocasionó que muchas compañías de software dejaran de funcionar o se fusionaran con empresas de software existentes. Algunas categorías enteras de software se han extinguido ahora o están próximas a desaparecer y muchas categorías de reciente creación ocupan ya un lugar en esta lista de especies en vías de extinción.

¿Qué impulsa esta evolución del panorama del software empresarial? ¿Por qué algunas categorías de compañías de software tienen un porvenir brillante, redituable y a largo plazo, mientras que otras fracasaron? Sin duda, hay una gran variedad de factores que afectan la selección natural de las compañías de software. Sin embargo, proponemos que las tres principales directrices de la evolución que tiene lugar en el software empresarial son los tres principales grupos de procesos de la cadena de suministro, a los que llamamos *procesos macro* de la cadena de suministro. Las categorías exitosas de software son aquellas que se centran en los procesos macro. Las que fracasen, por otro lado, carecerán de dicho enfoque.

LOS PROCESOS MACRO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El surgimiento de la administración de la cadena de suministro ha ampliado el ámbito en el que las compañías toman decisiones. Este ámbito se ha expandido: primero se trataba de optimizar el desempeño de la división, luego el de la empresa y ahora el de toda la cadena de suministro. Esta ampliación resalta la importancia de incluir todos los procesos de la cadena cuando se toman decisiones. Desde la perspectiva empresarial, todos los procesos dentro de la cadena de suministro pueden clasificarse en tres áreas principales: procesos enfocados corriente abajo, procesos enfocados internamente y procesos enfocados corriente arriba. Usamos esta clasificación para definir los tres procesos macro de la cadena de suministro (véase el capítulo 1) como sigue:

- ***Administración de relaciones con los clientes (CRM,* del inglés *customer relationship management).*** Son procesos que se centran en las interacciones corriente abajo entre la empresa y sus clientes.

FIGURA 16-1 Los procesos macro en una cadena de suministro

Administración de relaciones con los proveedores (SRM)	Administración de la cadena de suministro interna (ISCM)	Administración de relaciones con los clientes (CRM)
Fundamento de administración de las transacciones (TMF)		

- ***Administración de la cadena de suministro interna (ISCM,* del inglés *internal supply chain management).*** Son procesos que se centran en las operaciones internas dentro de la empresa. Observe que en la industria del software comúnmente se conoce a esta área como "administración de la cadena de suministro" (sin la palabra "interna"), aun cuando el enfoque se ubica por completo dentro de la empresa. En nuestra definición, la administración de la cadena de suministro incluye los tres procesos macro: CRM, ISCM y SRM.
- ***Administración de relaciones con los proveedores (SRM,* del inglés *supplier relationship management).*** Son procesos que se centran en las interacciones corriente arriba entre la empresa y sus proveedores.

También debemos hacer notar que hay un cuarto componente importante que constituye la base sobre la que descansan los procesos macro. Llamamos a esta categoría *fundamento de administración de las transacciones* (*TMF,* del inglés *transaction management foundation*), que incluye los sistemas básicos ERP (y sus componentes, como los recursos financieros y humanos), el software de infraestructura y el software de integración. El software TMF es necesario para que los tres procesos macro funcionen y se comuniquen entre sí. La relación entre los tres procesos macro y el fundamento de administración de las transacciones se ilustra en la figura 16-1.

¿POR QUÉ CENTRARSE EN LOS PROCESOS MACRO?

A medida que el desempeño de una empresa se relaciona más estrechamente con el desempeño de su cadena de suministro, es crucial que las empresas se centren en estos procesos macro. Después de décadas de enfocarse en los procesos internos, las empresas tienen que expandir el alcance más allá de los procesos internos y estudiar toda la cadena de suministro para tener desempeño sobresaliente. Como hemos mencionado, la meta debe ser incrementar la rentabilidad total de la cadena de suministro (también conocida como superávit de la cadena de suministro). La buena administración de la cadena de suministro no es un juego de suma cero en el que una etapa de la cadena aumenta sus utilidades a expensas de otra. Como se expuso en el capítulo 2, la buena administración de la cadena de suministro es, en cambio, un juego de suma positiva en el que los socios pueden aumentar su nivel general de rentabilidad si trabajan en conjunto. Por tanto, para aumentar con mayor eficacia el superávit de la cadena de suministro (y, por tanto, la propia rentabilidad de la empresa), las empresas deben ampliar sus miras más allá del ámbito interno y pensar en función de los tres procesos macro.

PROCESOS MACRO APLICADOS A LA EVOLUCIÓN DEL SOFTWARE

Cuando la reducción en el gasto en tecnología a principios de la década de 2000 aplicó presión evolutiva en el panorama del software empresarial, emergió un patrón distintivo. La mayoría de los sobrevivientes han optado por enfocar sus productos en mejorar los procesos macro de sus clientes. Las empresas grandes abarcan más de uno de los procesos macro, en tanto que otras se ocupan sólo de una pequeña parte de un proceso macro. Sin embargo, el tema común que observamos es que para sobrevivir, y en especial para prosperar, las empresas de software

empresarial deben centrarse en uno o más de estos procesos macro. Casi todas las áreas de crecimiento del software empresarial existen dentro de CRM, ISCM o SRM. Tanto las nuevas compañías como las grandes empresas de software empresarial se están centrando ante todo en estos tres procesos macro. En el futuro, vemos la capacidad de mejorar los tres procesos macro que impulsan el crecimiento del software empresarial.

Son ejemplos de fracasos que no se centraron en estos procesos macro los mercados B2B y las compañías que proporcionaban software de mercado, que proliferaron en 1999 y 2000. Los mercados se centraban más en crear intermediarios de la información completamente nuevos dentro de la cadena de suministro en vez de mejorar el desempeño de los procesos macro dentro de las cadenas de suministro. Esta falta de enfoque en los procesos macro fue uno de los factores que más contribuyeron al derrumbamiento de los mercados.

Las empresas de software detrás de los mercados también han pasado por una época difícil, ya que las más importantes, Ariba y Commerce One, perdieron más de 99% de su capitalización máxima de mercado. Para sobrevivir, estas compañías evolucionaron y dejaron de ser proveedoras de software de mercado para centrarse en un proceso macro. Ariba se enfoca en la actualidad casi exclusivamente en el proceso macro SRM, y Commerce One lucha por mantenerse a flote. Los pocos mercados sobrevivientes también se han centrado en mejorar el desempeño de un proceso macro dentro de la cadena de suministro, en lugar de tratar de ser intermediarios independientes como operadores de mercados.

Un tercer ejemplo de una categoría de software que se está transformando por el enfoque en los procesos macro es de ERP. El software ERP ha logrado mejorar la disponibilidad e integridad de los datos dentro de la cadena de suministro, pero por sí mismas, la disponibilidad e integridad de los datos representan sólo una parte del valor potencialmente disponible. El verdadero valor de estos datos se aprecia sólo cuando pueden usarse para mejorar la toma de decisiones. Aquí es donde los tres procesos macro entran en juego. El verdadero valor de implementar los sistemas ERP sólo se obtiene si dichos sistemas pueden usarse para mejorar la toma de decisiones en los procesos macro. Todas las compañías importantes de ERP han entendido esto y se están reorganizando para hacer hincapié en los productos enfocados en los procesos macro.

Las directrices del panorama del software no sólo son importantes para los proveedores del software. Las compañías que usan el software deben entender también estos procesos macro. Una compañía que entiende si las empresas de software se ocupan de los procesos macro y promueven en realidad las mejoras en el desempeño de esas áreas puede evaluar mejor si un tipo particular de software es valioso.

El software ganador en un proceso macro

Entre las empresas de software enfocadas en un proceso macro, los siguientes tres factores determinan su éxito:

1. Desempeño funcional (incluida la facilidad de uso).
2. Integración con otros procesos macro.
3. Fortaleza del ecosistema de la empresa de software.

El desempeño funcional es importante para los clientes porque les proporciona las capacidades necesarias para crear una ventaja competitiva. Además del desempeño funcional puro (cualidades como la capacidad de optimizar tanto el precio como la oferta de manera integrada), estamos convencidos de que la facilidad de uso es crucial para el éxito en esta categoría. Algunos programas de software tienen funcionalidad muy avanzada, pero son difíciles de usar. Como resultado, la funcionalidad avanzada rara vez se usa. Las empresas de software que tienen niveles más bajos de funcionalidad, pero mayor facilidad de uso pueden, en esencia, proporcionar más funcionalidad “utilizable” a sus clientes y, por tanto, conseguir ventaja.

La capacidad de integrar es importante para un cliente por una variedad de razones. Las aplicaciones que son fáciles de integrar son, por lo general, más fáciles de implementar y producen valor. La integración también es crucial entre los diferentes procesos macro. Las aplicaciones

que integran los procesos macro pueden proporcionar los beneficios de tomar decisiones para toda la cadena de suministro. Esto proporciona una ventaja a las empresas que ofrecen una línea completa de soluciones integradas de los tres procesos macro.

Por último, el ecosistema de una empresa (la red de socios de software y, lo que es más importante, los integradores de sistemas y base instalada) brinda asistencia para vender e implementar el software. Las empresas que trabajan bien con los socios de implementación y crean grupos grandes de clientes capacitados en sus soluciones han construido una posición muy defendible. Para que otra empresa capte su negocio se requiere que sea tan superior que valga la pena el esfuerzo de reintegración y recapacitación, que a menudo es muy significativo. Para un cliente, un ecosistema fuerte significa una red fuerte que proporcionará asistencia y apoyo tanto durante la implementación como más adelante en la operación diaria.

Como subrayamos anteriormente, estos criterios también son importantes para los clientes del software de cadena de suministro. Estos criterios son la clave del éxito de las compañías de software precisamente porque mejoran el desempeño de la cadena de suministro de las empresas. Por tanto, éstas deben evaluar a los proveedores de software con base en estos lineamientos para determinar su elección de proveedor de software.

Ahora analizamos cada uno de los procesos macro, de qué segmentos constan, quiénes son los actores y cómo se vislumbra el futuro.

16.3 ADMINISTRACIÓN DE LAS RELACIONES CON LOS CLIENTES

El proceso macro de CRM consta de procesos que tienen lugar entre la empresa y sus clientes corriente abajo en la cadena de suministro. La meta del proceso macro de CRM es generar demanda de los clientes y facilitar la transmisión y seguimiento de los pedidos. Las debilidades en este proceso producen pérdida de la demanda y una mala experiencia del cliente porque los pedidos no se procesan y ejecutan de manera eficaz. Los procesos clave dentro de CRM son los siguientes:

- ***Marketing.*** Los procesos de marketing comprenden decisiones referentes a los clientes que se desea captar, cómo captar a los clientes, qué productos ofrecer, cómo fijar el precio de los productos y cómo administrar las campañas dirigidas a los clientes. Los proveedores exitosos de software en el área de marketing dentro de CRM proporcionan capacidades analíticas que mejoran las decisiones de marketing relativas a los precios y rentabilidad de los productos y de los clientes.
- ***Venta.*** El proceso de venta se centra en realizar una venta efectiva a un cliente (en comparación con marketing, donde los procesos se centran más en planear a quién venderle y qué vender). El proceso de venta incluye proporcionar a los vendedores la información que necesitan para realizar una venta y luego ejecutarla. La ejecución de la venta puede requerir que el vendedor (o el cliente) cree y configure los pedidos eligiendo entre una variedad de opciones y características. El proceso de venta también requiere funcionalidad como la capacidad de establecer fechas de entrega y de obtener acceso a la información relacionada con el pedido de un cliente. Los proveedores exitosos de software se han centrado en la automatización, configuración y personalización de la fuerza de ventas para mejorar el proceso.
- ***Administración de pedidos.*** El proceso de administrar los pedidos de los clientes a medida que fluyen por la empresa es importante para que el cliente pueda dar seguimiento a su pedido y para que la empresa planee y ejecute el surtido del pedido. Este proceso relaciona la demanda del cliente con la oferta de la empresa. Tradicionalmente, el software de administración de pedidos se ha manejado con sistemas anticuados o forma parte de un sistema ERP. En fechas recientes, han aparecido nuevos sistemas de administración de pedidos con funcionalidad adicional que permite la visibilidad de los pedidos en los sistemas de administración de pedidos, frecuentemente numerosos, que existen dentro de una compañía.

- ***Centro de atención telefónica o de servicio.*** Un centro de atención telefónica o de servicio es a menudo el principal punto de contacto entre una compañía y sus clientes. Estos centros ayudan a los clientes a colocar pedidos, sugieren productos, resuelven problemas y proporcionan información sobre el estado que guarda el pedido. Los proveedores exitosos de software han ayudado a mejorar las operaciones de los centros de atención telefónica o de servicio al facilitar y reducir el trabajo realizado por los representantes de atención a clientes, a menudo permitiendo que los propios clientes realicen el trabajo.

Los procesos de CRM antes mencionados son cruciales para la cadena de suministro, ya que abarcan una gran cantidad de interacciones entre la empresa y sus clientes. El cliente debe ser el punto de partida cuando se trata de incrementar el superávit de la cadena de suministro porque toda la demanda y, por tanto, los ingresos, provienen finalmente de ellos. Así, el proceso macro de CRM suele ser el punto de partida para mejorar el desempeño de la cadena de suministro. También es importante observar que los procesos de CRM (y también el software CRM) deben integrarse con las operaciones internas para optimizar el desempeño. Con mucha frecuencia, las unidades orientadas a los clientes trabajan de manera independiente de las operaciones internas de la empresa. La necesidad de integración entre CRM y las operaciones internas recalca la importancia de CRM para que la cadena de suministro sea eficaz.

El software CRM ha sido la categoría de más rápido crecimiento, y ahora la más grande, de los tres procesos macro. Los proveedores de software en el espacio de CRM se han centrado en mejorar los propios procesos de CRM, pero tienen que trabajar más en mejorar la integración entre CRM y los procesos internos de operación. El éxito futuro dependerá en parte de la capacidad de integrar las aplicaciones de CRM con las operaciones internas.

El panorama del software CRM está compuesto por tres categorías de compañías: el ganador mejor en su tipo, las empresas de reciente creación mejores en su tipo y las empresas de ERP. CRM, como segmento de software empresarial, fue creado por Siebel Systems, la única compañía en la categoría de ganador mejor en su tipo. Siebel adquirió prominencia a finales de la década de 1990 y principios del nuevo siglo, pero últimamente ha tenido que luchar con empresas más grandes que ofrecen una línea de productos más amplia. Siebel enfrenta competencia reñida tanto de las empresas de reciente creación mejores en su tipo, como Salesforce.com, como de las compañías de ERP, como SAP y Oracle, que ofrecen integración potente y ecosistemas fuertes.

Viendo hacia delante, parece que Siebel, el último proveedor grande mejor en su tipo que queda, enfrenta un futuro difícil. Aunque a través de los años se ha defendido con éxito de las amenazas que plantean las compañías de ERP y las compañías pequeñas especializadas, estas empresas están alcanzando finalmente a Siebel y ahora representan una amenaza muy seria. Es muy probable que el futuro del software CRM esté dominado por las compañías de ERP, SAP y Oracle, y quizá algunas empresas innovadoras más pequeñas también tengan éxito limitado. Es posible que Siebel continúe siendo una empresa independiente, pero su influencia se reducirá seguramente. También puede ser adquirida por una de las empresas grandes que hemos mencionado. De un modo u otro, parece que en este segmento, el último en el que todavía se libra una batalla encarnizada entre las empresas mejores en su tipo y las de ERP, terminarán por imponerse las compañías de ERP como lo han hecho en todos los demás segmentos.

16.4 ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO INTERNA

ISCM, como explicamos anteriormente, se centra en las operaciones *internas* de la empresa. ISCM incluye todos los procesos que intervienen en la planeación y surtido de los pedidos de los clientes. Los diversos procesos incluidos en ISCM son los siguientes:

- ***Planeación estratégica.*** Este proceso se centra en el diseño de la red de la cadena de suministro. Encontrará un análisis más detallado de este proceso y el uso de la TI en él en el capítulo 5 sobre diseño de la red de la cadena de suministro.

- ***Planeación de la demanda.*** La planeación de la demanda consiste en pronosticarla y analizar el impacto en ésta de las herramientas de administración, como los precios y promociones. Encontrará un análisis más detallado de este proceso y el uso de la TI en el capítulo 7 sobre pronóstico de la demanda y los capítulos 9 y 15 sobre fijación de precios.
- ***Planeación de la oferta.*** El proceso de planeación de la oferta toma como base los pronósticos de la demanda producidos por el área de planeación y los recursos que ha puesto a disposición la planeación estratégica y produce un plan óptimo para satisfacer esta demanda. Típicamente, el software de planeación de la oferta proporciona capacidades de planeación de fabricación e inventarios. Encontrará un análisis más detallado de este proceso y el uso de la TI en el capítulo 8 sobre planeación agregada y los capítulos 10 y 11 sobre administración de inventarios.
- ***Surtido.*** Una vez que se traza un plan para satisfacer la demanda, debe ejecutarse. El proceso de surtido relaciona cada pedido con una fuente de suministro y un medio de transporte específicos. Las aplicaciones de software que generalmente se clasifican dentro del segmento de surtido son las de transporte y almacenamiento. Encontrará un análisis más detallado de este proceso y el uso de la TI en el capítulo 13 sobre transporte.
- ***Servicio de campo.*** Por último, después de que se ha entregado el producto al cliente, a la larga habrá que repararlo y darle servicio. Los procesos de servicio se centran en establecer niveles de inventario de partes de repuesto y programar las visitas de servicio. Algunos de los problemas de programación se manejan como los de planeación agregada y las cuestiones relativas al inventario son los problemas típicos de la administración de inventarios. Encontrará un análisis más detallado de la función de la TI en este proceso en el capítulo 8 sobre planeación agregada y los capítulos 10 y 11 sobre administración de inventarios.

En virtud de que el proceso macro de ISCM aspira a satisfacer la demanda que se genera con los procesos de CRM, es indispensable que exista una sólida integración entre los procesos macro de ISCM y CRM. Al pronosticar la demanda, la interacción con CRM es esencial, ya que las aplicaciones de CRM están cerca del cliente y tienen la mayor cantidad de datos y conocimientos sobre el comportamiento de los clientes. Asimismo, los procesos de ISCM deben tener una fuerte integración con el proceso macro de SRM. La planeación de la oferta, surtido y servicio de campo dependen de los proveedores y, por tanto, de los procesos de SRM. No sirve de nada que la fábrica tenga la capacidad de producción para satisfacer la demanda si el proveedor no puede abastecer las partes que se necesitan para fabricar el producto. La administración de pedidos, que se explicó dentro de CRM, debe integrarse estrechamente con el surtido y proporcionar información para planear la demanda con eficacia. Una vez más, la administración extendida de la cadena de suministro requiere integrar los procesos macro.

Los proveedores exitosos de software ISCM han ayudado a mejorar la toma de decisiones dentro de los procesos de ISCM. Sin embargo, la integración con CRM y SRM todavía es insuficiente tanto en el nivel de la organización como del software. Es probable que se presenten oportunidades futuras para mejorar cada proceso de ISCM, pero todavía más para mejorar la integración con CRM y SRM.

Al igual que en CRM, el panorama actual de ISCM está compuesto por tres categorías: los ex ganadores mejores en su tipo, las empresas de reciente creación mejores en su tipo y las compañías de ERP. Estas últimas dominan este segmento, aunque no siempre fue así. Había dos ganadores mejores en su tipo, i2 Technologies y Manugistics, que eran pioneros en ISCM y, en esencia, crearon la categoría. Estas compañías demostraron el poder de la TI en la administración de la cadena de suministro. Sin embargo, crecieron con demasiada rapidez y agregaron demasiados productos a sus líneas, lo que ocasionó que perdieran su orientación. Esto permitió a las compañías de ERP mejorar su funcionalidad en comparación con las empresas mejores en su tipo y, a la larga, les arrebataron el liderazgo. En la actualidad, estas compañías de ERP son las únicas grandes en la TI de cadena de suministro. Manugistics, i2 y algunas compañías nuevas todavía existen pero, al parecer, SAP y Oracle seguirán dominando el panorama en el futuro próximo.

16.5 ADMINISTRACIÓN DE LAS RELACIONES CON LOS PROVEEDORES

SRM incluye los procesos que se centran en las interacciones entre la empresa y sus proveedores, que se encuentran corriente arriba en la cadena de suministro. Hay un ajuste muy natural entre los procesos de SRM y los procesos de ISCM, ya que la integración de las restricciones de los proveedores es crucial para trazar los planes internos. Los principales procesos de SRM y el impacto de la TI en ellos se analizan detalladamente en el capítulo 14 sobre aprovisionamiento. Estos procesos son: colaboración en el diseño, abastecimiento, negociación, compras y colaboración en el suministro.

Se puede lograr una mejora significativa en el desempeño de la cadena de suministro si los procesos de SRM están bien integrados con los procesos correspondientes de CRM e ISCM. Por ejemplo, cuando se diseña un producto, la incorporación de las opiniones de los clientes es una forma natural de mejorar el diseño. Esto requiere aportes de todos los procesos dentro de CRM. Los procesos de abastecimiento, negociación, compras y colaboración se relacionan principalmente con ISCM, ya que se necesita la participación del proveedor para producir y ejecutar un plan óptimo. Sin embargo, aun estos segmentos necesitan interaccionar con los procesos de CRM, como la administración de pedidos. Una vez más, el tema de la integración de los tres procesos macro es crucial para mejorar el desempeño de la cadena de suministro.

Como mencionamos en el capítulo 14, el espacio de SRM tiene tres grupos de competidores. El grupo de los mejores en su tipo en el área de colaboración en el diseño está encabezado por Agile y MatrixOne. La empresa mejor en su tipo en el área de compras es Ariba. Y, por último, las compañías de ERP, SAP y Oracle, son también muy importantes.

Dada la juventud del espacio de SRM, las compañías mejores en su tipo no han tenido la oportunidad de desarrollar liderazgos funcionales, y sus ecosistemas son prácticamente inexistentes. SRM ha atraído a todas las grandes compañías de ERP. Como ha ocurrido con los otros espacios, aunque las empresas mejores en su tipo han definido el espacio y demostrado dónde se puede crear valor, las compañías de ERP han ido ganando poco a poco en funcionalidad y han usado su integración y ecosistemas para convertirse en los principales actores del campo. Por tanto, es probable que el panorama de SRM en el futuro esté dominado por estas compañías de ERP.

Los tres procesos macro y sus procesos se ilustran en la figura 16-2.

SRM	**ISCM**	**CRM**
Colaboración en el diseño	Planeación estratégica	Mercado
Aprovisionamiento	Planeación de la demanda	Venta
Negociación	Planeación de la oferta	Centros de atención telefónica
Compra	Surtido	Administración de pedidos
Colaboración en el suministro	Servicio de campo	
TMF		

FIGURA 16-2
Los procesos macro y sus procesos

16.6 EL FUNDAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE LAS TRANSACCIONES

El fundamento de administración de las transacciones es el origen histórico de las compañías de software empresarial más grandes. A principios de la década de 1990, cuando una gran parte de las ideas de la administración de la cadena de suministro empezaban a gestarse y los sistemas de ERP ganaban popularidad rápidamente, había poco interés en los tres procesos macro analizados con anterioridad. De hecho, había poco énfasis en las aplicaciones de software enfocadas en mejorar las decisiones. En cambio, la atención en aquella época se centraba en crear sistemas de administración de las transacciones y automatización de los procesos que resultaron ser el fundamento de las futuras aplicaciones de apoyo a las decisiones. Estos sistemas sobresalieron en la automatización de transacciones y procesos sencillos, así como en la creación de una forma integrada de almacenar y ver datos en una división (y, a veces, en la empresa).

La enorme demanda de estos sistemas en los años noventa llevó a los desarrolladores de ERP a convertirse en las compañías de software empresarial más grandes. SAP siguió siendo el líder del mercado, pero otras compañías poderosas incluían a Oracle, Peoplesoft, JD Edwards y Baan. Sin embargo, con el tiempo, las ventas de ERP se desaceleraron y, en la actualidad, de las cinco grandes empresas que había, sólo SAP y Oracle existen como entidades independientes.

El valor real del fundamento de administración de las transacciones sólo puede explotarse si se mejora la toma de decisiones dentro de la cadena de suministro. Así, el crecimiento más reciente en el software empresarial se debe a las compañías que se centran en mejorar la toma de decisiones en los tres procesos macro. Esto creó el marco para lo que vemos ahora y seguiremos viendo en el futuro: la realineación de las compañías ERP en compañías de CRM, ISCM y SRM. La mayor parte de los ingresos de las compañías de ERP ya proviene de aplicaciones en los tres procesos macro. Una de las principales ventajas que tienen las compañías de ERP en relación con los proveedores mejores en su tipo es la capacidad inherente de integrar los tres procesos macro, a menudo mediante el fundamento de administración de las transacciones. Las compañías de ERP que se centran en la integración de los procesos macro, además de desarrollar buena funcionalidad en uno o más de estos procesos, seguirán ocupando una posición fuerte.

16.7 EL FUTURO DE LA TI EN LA CADENA DE SUMINISTRO

En el nivel más alto, creemos que los tres procesos macro de la administración de la cadena de suministro seguirán impulsando la evolución del software empresarial. Para este fin, esperamos ver que el software centrado en los procesos macro constituya una parte cada vez mayor del panorama total del software empresarial y que las empresas de software que se centran en los procesos macro sean mucho más exitosas que las que se enfocan en otros campos. En cuanto a las empresas que se centran en los procesos macro, creemos que la funcionalidad, la capacidad de integrar los procesos macro y la fortaleza de sus ecosistemas son las claves del éxito.

Esta conclusión tiene implicaciones importantes para las compañías que son usuarias del software. Como mencionamos antes, los criterios para las compañías de software exitosas se eligieron precisamente porque son las características que mejoran el desempeño de los usuarios. Por tanto, el usuario del software de cadena de suministro debe identificar primero las áreas dentro de los tres procesos macro donde el mejoramiento proporcionará la máxima ventaja estratégica. El software y las decisiones de TI deben apoyar la meta de mejorar el desempeño en estos procesos.

Hay una última nota que vale la pena mencionar con respecto al futuro de los nuevos desarrolladores de software en esta área. Podría concluirse de nuestro análisis que será muy difícil para una nueva compañía incorporarse a las filas de compañías exitosas de software empresarial, dada la ventaja en funcionalidad, integración y ecosistemas que las empresas existentes ya tienen. Creemos, sin embargo, que hay dos posibles caminos que puede seguir una compañía para incursionar en este mercado. El primero es la funcionalidad superior, ya sea específica

para una industria en particular o una aplicación que ofrezca facilidad de uso muy por encima de lo que se ha visto hasta ahora. En esta área, prevemos la creación de nuevas compañías que agregarán valor al software empresarial, aunque es un camino muy difícil de seguir en virtud de las ventajas que tienen actualmente las compañías de ERP.

El otro camino consiste en ofrecer un producto integrado que aumente los vínculos entre los procesos macro. Por supuesto, será difícil que una empresa de reciente creación reúna los recursos necesarios para crear un producto integrado de CRM, ISCM y SRM. Sin embargo, una compañía grande que cuente con grandes recursos y tenga un historial de conjuntar productos muy diferentes en un paquete integrado podría seguir este camino. La única compañía que indiscutiblemente podría hacerlo es Microsoft. No cabe duda de que Microsoft ha observado el crecimiento y tamaño del mercado de software empresarial y ha comenzado a realizar un esfuerzo considerable para incursionar en este espacio. Ha realizado dos adquisiciones de más de mil millones de dólares y da señales de que éste será uno de sus polos de atención en el futuro. Incluso con estas adquisiciones, Microsoft todavía no es un actor de peso en el software de cadena de suministro y sólo trata de captar compañías pequeñas como clientes, dejando los grandes clientes y los grandes ingresos a los actores existentes. Sin embargo, en virtud de la estrategia comprobada de Microsoft de empezar por el nivel más bajo e ir ascendiendo poco a poco, es una compañía de la que habrá que estar pendiente en el panorama del software empresarial.

16.8 ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS EN LA TI

Hay varios riesgos asociados con el uso de la TI en la cadena de suministro, y el proceso de agregar nuevas capacidades puede estar plagado de peligros. Cuanto mayor sea el cambio en el sistema de TI, tanto más grande será el riesgo de un impacto negativo en las operaciones. Mientras más arraigada esté la TI en las compañías, mayor será el riesgo de que la empresa no pueda funcionar adecuadamente si la TI sufre una falla importante. Aquí comentamos algunos de los principales riesgos que plantea el uso de la TI en la cadena de suministro y algunas ideas para mitigarlos.

Las principales áreas de riesgo en la TI se pueden dividir en dos categorías generales. La primera, y potencialmente la más grave, es el riesgo que implica la instalación de nuevos sistemas de TI. Durante el proceso de poner en marcha los nuevos sistemas, la compañía se ve obligada a hacer la transición de los procesos anteriores que usaba en sus operaciones a los nuevos procesos en su sistema de TI. En este sentido, pueden surgir problemas tanto en los procesos empresariales como en el aspecto técnico. Por el lado de los procesos empresariales, los nuevos sistemas de TI a menudo requieren que los empleados operen de acuerdo con nuevos procesos. Éstos pueden ser difíciles de aprender, tal vez los empleados necesiten capacitarse para ejecutarlos correctamente o quizá opongan franca resistencia porque prefieren la manera anterior de hacer las cosas. Convencer a toda una organización de que acepte los cambios que produce un nuevo sistema de TI es especialmente difícil porque la alta dirección no suele participar activamente en esta transición. Además de los ajustes en los procesos empresariales, hay obstáculos técnicos formidables que deben superarse para que los nuevos sistemas de TI operen de acuerdo con lo previsto. El grado de integración que necesita haber entre sistemas diferentes a menudo es abrumador. Cuando una empresa cambia a un nuevo sistema sin la integración adecuada, el nuevo sistema no puede realizar todo lo que ofrecía y, a veces, opera peor que el sistema que está sustituyendo. Aun cuando los empleados se convenzan de las bondades del nuevo proceso y se superen todos los obstáculos técnicos, a menudo se requiere un equilibrio delicado para llevar a cabo la transición al nuevo sistema.

La compañía sigue enfrentando riesgos después de que sus sistemas de TI están funcionando. Ésta es la segunda de las categorías mencionadas anteriormente. Cuanto más dependa una compañía de la TI para tomar decisiones y ejecutar procesos, tanto mayor será el riesgo de que cualquier tipo de problema, desde un pequeño error del software, una interrupción en el

suministro de corriente eléctrica hasta un virus, puede paralizar por completo las operaciones de una empresa. Éstos son riesgos serios que la empresa debe prever y planear para hacerles frente. La TI también plantea el riesgo que tiende a implantar los procesos como si estuvieran grabados en piedra. Quizás un sistema permite que un proceso se ejecute de una sola manera. Entonces la empresa se acostumbra a realizar siempre este proceso de esa manera. Como es obvio, esto produce grandes beneficios relacionados con la eficiencia, pero también se corre el riesgo de que el proceso no alcance el nivel de desempeño de los competidores y que los sistemas dificulten cambiar a nuevos procesos más eficaces.

Cada una de las principales categorías de riesgo que se mencionaron anteriormente tiene sus propias estrategias de mitigación. En relación con la implementación de los sistemas de TI, hay que tener presentes tres ideas. La primera es instalar los nuevos sistemas de TI de manera paulatina en lugar de hacerlo todo de un tirón. Esto permite a la empresa limitar los daños en caso de que algo salga mal e identificar con precisión las áreas problemáticas durante el proceso de instalación. Segunda, la empresa puede ejecutar sistemas dobles para asegurar que el nuevo funcione bien. Con esto queremos decir que la empresa puede mantener en ejecución el sistema anterior al mismo tiempo que pone en marcha el nuevo. Si el nuevo sistema tiene problemas o si los resultados parecen estar muy alejados de los del sistema anterior, éste puede utilizarse ya que aún existe. De hecho, incluso antes de que el nuevo sistema se ejecute en realidad, puede simular (en paralelo con el sistema existente) todas las acciones que llevaría a cabo. Estas medidas propuestas pueden monitorearse para probar cómo funcionará el nuevo sistema cuando se active en realidad. Por último, solamente debe implementarse el nivel de complejidad necesario. Si no se necesitan ciertas capacidades o mayores complejidades, no hay por qué incorporarlas, ya que a menudo incrementan el riesgo del proyecto sin contribuir en nada a los posibles beneficios. En esencia, los sistemas de TI deben adaptarse a las necesidades de la cadena de suministro y una de esas necesidades es precisamente reducir los riesgos.

Por el lado de la operación, las estrategias de mitigación incluyen los sistemas de respaldo de datos, sistemas que se ejecutan en paralelo en caso de que uno sufra algún problema y una variedad de productos de software de seguridad que pueden ayudar a mantener la integridad del sistema. Además, es importante elegir sistemas que tengan flexibilidad para cambiar si es necesario.

16.9 TI DE LA CADENA DE SUMINISTRO EN LA PRÁCTICA

Además de las sugerencias prácticas para cada proceso macro de la cadena de suministro que se presentaron anteriormente, es necesario que los gerentes tengan en mente varias ideas generales cuando tomen decisiones respecto a la TI de la cadena de suministro.

1. ***Seleccionar un sistema de TI que tome en cuenta los factores clave de éxito de la compañía.*** Toda industria, e incluso las compañías dentro de una industria tienen diferentes factores clave de éxito. Por factores clave de éxito se entiende los dos o tres elementos que realmente determinan si la compañía va a tener éxito o no. Es importante seleccionar sistemas de TI de la cadena de suministro que puedan dar a la compañía una ventaja en las áreas más cruciales para el éxito de la empresa. Por ejemplo, la capacidad de establecer niveles óptimos de inventario es crucial en la industria de las computadoras personales donde los ciclos de vida de los productos son muy cortos y el inventario se vuelve obsoleto muy pronto. Sin embargo, los niveles de inventario no son tan cruciales para una compañía de productos químicos, cuya demanda es relativamente estable y los productos tienen un ciclo de vida muy largo. Para la compañía de productos químicos, la clave del éxito depende más de la utilización de las instalaciones de producción. Dados estos factores de éxito, una compañía fabricante de computadoras personales podría elegir un paquete cuyo punto fuerte sea establecer niveles de inventario, aunque no se destaque en maximizar la utilización de la capacidad de producción. Sin embargo, la compañía de productos químicos debe elegir un producto diferente que sobresalga en maximizar la utilización, aunque sus componentes para administrar el inventario no sean especialmente fuertes.

2. *Dar pasos incrementales y medir el valor.* Algunos de los peores desastres ocasionados por la TI se deben al hecho de que las compañías tratan de implementar sistemas en una gran variedad de procesos al mismo tiempo y sólo consiguen que sus proyectos fracasen (lo que se conoce como método del "big bang"). El impacto de estos fracasos se magnifica por el hecho de que muchos de los procesos se inmovilizan en el mismo ciclo de depuración a la vez, lo que ocasiona que la productividad se paralice. Una forma de contribuir a garantizar el éxito de los proyectos de TI es diseñarlos de modo que tengan pasos incrementales. Por ejemplo, en lugar de instalar un sistema completo de cadena de suministro en la compañía, es conveniente empezar por implementar la planeación de la demanda y cuando ésta funcione según lo previsto, continuar con la planeación de la oferta. En el ínterin, hay que asegurar que cada paso agregue valor y mejore el desempeño de los procesos macro. Este método incremental no implica que no deba adoptarse una visión global (de hecho, *es necesario* adoptarla), sino más bien que la visión global debe implementarse en partes asimilables.

3. *Alinear el nivel de complejidad con las necesidades.* La gerencia debe considerar la profundidad con que un sistema de TI aborda los factores clave de éxito de la compañía. Existe un equilibrio entre la facilidad de implementar el sistema y el nivel de complejidad de éste. Por tanto, es importante considerar cuánta complejidad necesita una compañía para alcanzar sus metas y después asegurar que el sistema seleccionado se ajuste a ese nivel. Esto es importante porque si se implementa menos complejidad de la necesaria, la empresa tendrá una debilidad competitiva, mientras que tratar de agregar demasiada complejidad aumenta las posibilidades de que todo el sistema falle.

4. *Usar los sistemas de TI para apoyar la toma de decisiones y no para tomar las decisiones.* Aunque el software que existe en la actualidad puede tomar muchas decisiones sobre la cadena de suministro por la gerencia, esto no significa que las aplicaciones de TI deban tomar todas las decisiones. Un error que cometen las compañías es que instalan un sistema de cadena de suministro y después reducen el esfuerzo que la gerencia invierte en resolver los problemas que se presentan. La gerencia no debe desatender la cadena de suministro, porque a medida que cambia el panorama competitivo y de los clientes, es necesario realizar cambios correspondientes en la cadena de suministro.

5. *Pensar en el futuro.* Aunque es más difícil tomar una decisión respecto a un sistema de TI pensando más en el futuro que en el presente, es muy importante que los gerentes incluyan el estado futuro de la empresa en el proceso de decisión. Si hay tendencias en la industria de la compañía que indiquen que características que hoy son insignificantes se volverán cruciales en el futuro, los gerentes tienen que asegurarse de que sus selecciones de TI tomen en cuenta estas tendencias. En virtud de que los sistemas de TI a menudo duran muchos más años de los que originalmente se planearon, es necesario que los gerentes dediquen tiempo a explorar la flexibilidad que tendrán los sistemas y cuándo se requerirán cambios en el futuro. Esta exploración puede llegar al extremo de incluir la viabilidad del propio desarrollador del software de cadena de suministro. Si no está claro si una compañía podrá recibir asistencia técnica en el futuro de la empresa que desarrolló el software, la gerencia necesita asegurarse de que las otras ventajas del producto compensen esta desventaja. La clave en este caso es asegurarse de que el software no sólo satisfaga las necesidades actuales de la compañía sino que, lo más importante, satisfará también las necesidades futuras.

16.10 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Entender la importancia de la información y la tecnología de la información en una cadena de suministro.

   La información es esencial para tomar buenas decisiones sobre la cadena de suministro porque proporciona la visión amplia que se necesita para tomar decisiones óptimas. La TI proporciona las herramientas para recopilar la información y analizarla para tomar las mejores decisiones.

2. Conocer a un nivel alto cómo las directrices de la cadena de suministro usan la información.

   Cada una de las directrices de la cadena de suministro que se examinó en los capítulos anteriores (instalaciones, inventario, transporte, aprovisionamiento y precios) requiere información para las decisiones que se tomarán. La información es el componente objetivo en el que se basarán las decisiones sobre cada una de las otras directrices. En esencia, la información es el aglutinante que une a toda la cadena de suministro y le permite funcionar; esto hace de la información la directriz más importante de la cadena de suministro.
3. Entender las principales aplicaciones de la tecnología de la información en la cadena de suministro y los procesos que estas aplicaciones permiten.

   Los procesos de la cadena de suministro pueden agruparse en tres principales procesos macro. CRM incluye los procesos que permiten la interacción entre la empresa y sus clientes. ISCM incluye los procesos centrados en las operaciones internas de la empresa. SRM incluye los procesos que permiten la interacción entre la empresa y sus proveedores. La TI habilita estos procesos así como su integración. Los buenos sistemas de TI no sólo permiten la recopilación de datos de toda la cadena, sino también el análisis de las decisiones que maximizan la rentabilidad de la cadena de suministro.

Preguntas de discusión

1. ¿Qué procesos dentro de los procesos macro son más apropiados para habilitarlos por medio de la TI? ¿Qué procesos son los menos apropiados?
2. ¿Cuáles son las principales ventajas que ofrecen las compañías de software mejores en su tipo?
3. ¿Cuáles son las principales ventajas que ofrecen las compañías grandes de software, como las de ERP?
4. ¿Qué tipos de industrias elegirían más probablemente una compañía mejor en su tipo para sus sistemas de TI? ¿Qué tipos elegirían más probablemente una solución integrada?
5. Explique por qué la industria de alta tecnología ha sido líder en adoptar los sistemas de TI para la cadena de suministro.
6. ¿Los fabricantes son mejores candidatos para la habilitación de TI que las organizaciones de servicio? ¿Por qué sí o no?

Bibliografía

Chopra, Sunil y Peter Meindl, "What Will Drive the Enterprise Software Shakeout?", *Supply Chain Management Review,* enero-febrero de 2003, pp. 50-56.

Chopra, Sunil y ManMohan Sodhi, "Managing Supply Chain Risk", *Sloan Management Review,* otoño de 2004, pp. 53-61.

Drayer, Ralph y Robert Wright, "Getting the Most from Your ERP System", *Supply Chain Management Review,* mayo-junio de 2002, pp. 44-52.

Escalle, Cedric X., Mark Cotteleer y Robert D. Austin, *Enterprise Resource Planning, Technology Note,* Harvard Business School, Nota 9-699-020, 1999.

Meyer, Michelle M., "Why IBM Is Linking Logistics and Information", *Supply Chain Management Review,* septiembre-octubre de 2001, pp. 56-62.

Rutner, Stephen M., Brian J. Gibson, Kate L. Vitasek y Craig M. Gustin, "Is Technology Filling the Information Gap?", *Supply Chain Management Review,* marzo-abril de 2001, pp. 58-64.

Shankar, Venkatesh y Tony O'Driscoll, "How Wireless Networks Are Reshaping the Supply Chain", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2002, pp. 44-51.

Soni, Ashok, M. A. Venkataramanan y Vincent A. Mabert, "Enterprise Resource Planning: Common Myths vs. Evolving Reality", *Business Horizons,* 44(3), 2001, pp. 69-76.

Para más información sobre la TI en la cadena de suministro, véase *InformationWeek, Line 56,* y *Manufacturing Systems.* Además, varios bancos de inversión publican periódicamente reseñas de la industria del software empresarial que contienen una gran cantidad de información útil acerca de cómo se está utilizando la TI en la cadena de suministro.

CAPÍTULO 17
COORDINACIÓN EN UNA CADENA DE SUMINISTRO



Objetivos de aprendizaje

Después de leer este capítulo será capaz de:

1. Describir la coordinación en una cadena de suministro, el efecto látigo y su impacto en el desempeño.
2. Identificar las causas del efecto látigo y los obstáculos para la coordinación en una cadena de suministro.
3. Analizar las palancas administrativas que ayudan a lograr la coordinación en una cadena de suministro.
4. Describir las acciones que facilitan el establecimiento de asociaciones estratégicas y confianza dentro de una cadena de suministro.
5. Entender las diferentes formas posibles de planeación, pronóstico y reabastecimiento colaborativo (CPFR, del inglés collaborative planning, forecasting and replenishment).

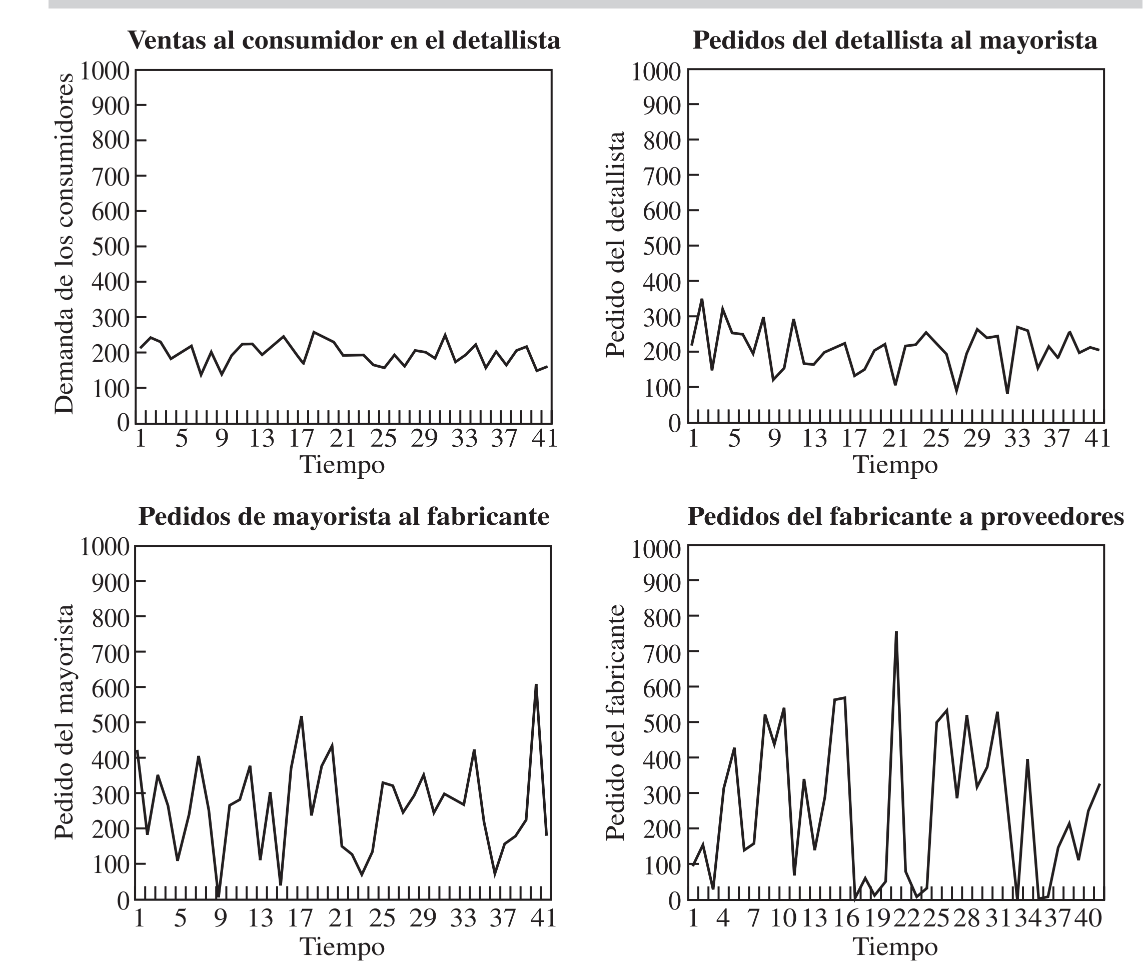
En este capítulo analizamos cómo la carencia de coordinación conduce a una degradación de la capacidad de respuesta y a un aumento en los costos dentro de la cadena de suministro. Describimos los diferentes obstáculos que conducen a esta falta de coordinación y exacerban la variabilidad en la cadena de suministro. En seguida, identificamos las palancas administrativas apropiadas que pueden ayudar a superar los obstáculos y lograr la coordinación. En este contexto, también analizamos las acciones que facilitan las asociaciones estratégicas y la creación de confianza dentro de una cadena de suministro.

17.1 FALTA DE COORDINACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO Y EL EFECTO LÁTIGO

La *coordinación de la cadena de suministro* mejora si todas las etapas de la cadena emprenden acciones que, en conjunto, aumentan las utilidades totales de la cadena de suministro. La coordinación requiere que cada etapa de la cadena de suministro tome en cuenta el impacto que sus actos producen en las otras etapas.

La falta de coordinación se presenta porque diferentes etapas de la cadena tienen objetivos que se contraponen o porque la información que pasa entre las etapas se retrasa y distorsiona. Las diferentes etapas de una cadena de suministro pueden tener objetivos contradictorios si cada una de ellas tiene un propietario diferente. Como resultado, cada etapa trata de maximizar sus propias utilidades, lo que produce acciones que a menudo disminuyen las utilidades totales de la cadena (véanse los capítulos 10 y 12). En la actualidad, las cadenas de suministro constan de etapas que tienen muchos propietarios diferentes. Por ejemplo, Ford Motor Company tiene miles de proveedores, de Goodyear a Motorola, y cada uno de éstos tiene a su vez muchos proveedores. La información se distorsiona a medida que avanza por la cadena porque la información completa no se comparte entre las etapas. La distorsión se exagera por el hecho de que las cadenas de suministro actuales producen una gran variedad de productos. Por ejemplo, Ford produce muchos modelos diferentes y cada uno de ellos ofrece varias opciones. La mayor variedad dificulta que Ford coordine el intercambio de información con miles de proveedores y

FIGURA 17-1 Fluctuaciones de la demanda en diferentes etapas de una cadena de suministro



distribuidores. En la actualidad, el reto fundamental radica en lograr la coordinación en las cadenas de suministro a pesar de los múltiples propietarios y la mayor variedad de los productos.

Muchas empresas han observado el *efecto látigo*, en el que las fluctuaciones en los pedidos aumentan a medida que avanzan en la cadena de suministro, de los detallistas a los mayoristas a los fabricantes a los proveedores, como se muestra en la figura 17-1.

El efecto látigo distorsiona la información de la demanda dentro de la cadena de suministro y cada etapa tiene un estimado diferente de lo que será la demanda. El resultado es una pérdida de coordinación en la cadena.

Procter & Gamble (P&G) ha observado el efecto látigo en la cadena de suministro de sus pañales Pampers.[1] P&G descubrió que sus pedidos de materias primas a los proveedores fluctuaban mucho con el tiempo. Más adelante en la cadena, cuando se estudiaron las ventas en las tiendas detallistas, se encontró que las fluctuaciones, aunque estaban presentes, eran menores. Es razonable suponer que los consumidores de pañales (los bebés) en la última etapa de la cadena los utilizan a una tasa constante. Aunque el consumo del producto final es estable, los pedidos de materias primas son muy variables, lo que aumenta los costos y dificulta ajustar la oferta a la demanda.

[1] Lee, Padmanabhan y Whang (1997).

HP también descubrió que la fluctuación en los pedidos aumentaba significativamente a medida que se movían de los revendedores, corriente arriba en la cadena de suministro, a la división de impresoras, y de ahí a la división de circuitos integrados.[2] Una vez más, aunque la demanda del producto mostraba cierta variabilidad, los pedidos colocados en la división de circuitos integrados eran mucho más variables. Esto dificultaba a HP surtir los pedidos a tiempo y aumentaba el costo de hacerlo.

Los estudios de la industria de la ropa y de los productos de consumo han mostrado un fenómeno semejante; la fluctuación en los pedidos aumenta a medida que avanzan corriente arriba en la cadena de suministro, del detallista al fabricante. Barilla, un fabricante italiano de pasta, observó que los pedidos semanales que colocaba un centro de distribución local fluctuaban hasta en un factor de 70 en el transcurso del año, mientras que las ventas semanales en el centro de distribución (que representaban los pedidos colocados por los supermercados) fluctuaban en un factor de menos de tres.[3] En consecuencia, Barilla estaba enfrentando una demanda mucho más variable que la de los consumidores. Esto producía niveles más altos de inventario, menos disponibilidad del producto y una reducción de las utilidades.

Un fenómeno similar, a través de un periodo más prolongado, se ha observado en varias industrias que son muy propensas a tener ciclos de "alzas y bajas". Un buen ejemplo es la producción de chips de memoria para computadoras personales. Entre 1985 y 1998, hubo por lo menos dos ciclos en los que los precios de los chips de memoria fluctuaron en un factor de más de tres. Estas marcadas fluctuaciones en el precio se debían a grandes déficit o excedentes de capacidad. Los déficit se exacerbaban por las compras de pánico y el exceso de pedidos iba seguido de una caída súbita en la demanda.

En la siguiente sección consideramos cómo la falta de coordinación afecta el desempeño de la cadena de suministro.

17.2 EL EFECTO DE LA FALTA DE COORDINACIÓN EN EL DESEMPEÑO

Una cadena de desempeño carece de coordinación si cada etapa optimiza sólo su objetivo local, sin considerar el impacto en toda la cadena. Las utilidades totales, por tanto, son menores que las que podrían alcanzarse con la coordinación (véanse los capítulos 10 y 12). Cada etapa de la cadena de suministro, al tratar de optimizar su objetivo local, emprende acciones que acaban por afectar negativamente el desempeño de toda la cadena de suministro.

La falta de coordinación también produce distorsión de la información dentro de la cadena. Considere el efecto látigo que P&G observó en la cadena de suministro de los pañales. Como resultado del efecto látigo, los pedidos que P&G recibe de sus distribuidores son mucho más variables que la demanda de pañales en las tiendas detallistas. Analizamos el impacto de este aumento de la variabilidad en varias medidas del desempeño en la cadena de suministro de pañales.

COSTO DE FABRICACIÓN

El efecto látigo aumenta el costo de fabricación en la cadena de suministro. Como resultado del efecto látigo, P&G y sus proveedores deben satisfacer una gran cantidad de pedidos que son mucho más variables que la demanda de los clientes. P&G puede responder a la mayor variabilidad construyendo exceso de capacidad o manteniendo exceso de inventario (véase el capítulo 11); ambas opciones incrementan el costo de fabricación por unidad producida.

---

[2] *Ibid*.

[3] Hammond (1994).

COSTO DE INVENTARIO

El efecto látigo aumenta el costo de inventario en la cadena de suministro. Para manejar la mayor variabilidad en la demanda, P&G tiene que mantener un nivel más alto de inventario que el que necesitaría en ausencia del efecto látigo. Como resultado, los costos de inventario de la cadena de suministro aumentan. Los altos niveles de inventario también aumentan el espacio de almacenamiento requerido y, por tanto, el costo de almacenamiento en que se incurre.

TIEMPO DE ESPERA DEL REABASTECIMIENTO

El efecto látigo aumenta los tiempos de espera del reabastecimiento en la cadena de suministro. La mayor variabilidad resultante del efecto látigo hace que la programación en P&G y las plantas de los proveedores resulte mucho más difícil en comparación con una situación con demanda uniforme. Hay ocasiones en que la capacidad y el inventario disponibles no pueden abastecer los pedidos que se reciben. Esto produce tiempos de espera del reabastecimiento más largos en la cadena de suministro tanto de P&G como de sus proveedores.

COSTO DE TRANSPORTE

El efecto látigo aumenta el costo de transporte en la cadena de suministro. Las necesidades de transporte a través del tiempo en P&G y sus proveedores se correlacionan con los pedidos que se surten. Como resultado del efecto látigo, las necesidades de transporte fluctúan considerablemente a través del tiempo. Esto eleva el costo de transporte porque es necesario mantener un excedente de capacidad de transporte para cubrir los periodos de demanda alta.

COSTO DE MANO DE OBRA PARA ENVÍO Y RECIBO

El efecto látigo incrementa los costos de mano de obra asociados con el envío y recepción de productos en la cadena de suministro. Las necesidades de mano de obra para hacer los envíos en P&G y sus proveedores fluctúan con los pedidos. Una fluctuación similar se produce en las necesidades de mano de obra para recibir los productos en los distribuidores y detallistas. Las distintas etapas tienen la opción de mantener exceso de capacidad de mano de obra o variar la capacidad de mano de obra en respuesta a la fluctuación de los pedidos. Las dos opciones aumentan el costo total de mano de obra.

NIVEL DE DISPONIBILIDAD DEL PRODUCTO

El efecto látigo afecta el nivel de disponibilidad del producto y produce más desabastos en la cadena de suministro. Las grandes fluctuaciones de los pedidos dificultan que P&G surta a tiempo los pedidos de los distribuidores y detallistas. Esto aumenta la probabilidad de que los detallistas se queden sin existencias, lo que resulta en ventas perdidas para la cadena de suministro.

RELACIONES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El efecto látigo afecta negativamente el desempeño en cada etapa y, por tanto, afecta también las relaciones entre las diferentes etapas de la cadena de suministro. Hay una tendencia a responsabilizar a las otras etapas de la cadena porque cada etapa cree que está haciendo lo mejor posible. El efecto látigo conduce a una pérdida de confianza entre las diferentes etapas de la cadena y dificulta los posibles esfuerzos de coordinación.

Del análisis anterior se desprende que el efecto látigo y la falta de coordinación resultante tienen un efecto negativo considerable en el desempeño de la cadena de suministro. El efecto látigo aparta a la cadena de suministro de la frontera eficiente porque aumenta los costos y disminuye la capacidad de respuesta. El impacto del efecto látigo en las diferentes medidas de desempeño se resume en la tabla 17-1.

TABLA 17-1 Impacto del efecto látigo en el desempeño de la cadena de suministro

Medida del desempeño	*Impacto del efecto látigo*
Costo de fabricación	Aumenta
Costo de inventario	Aumenta
Tiempo de espera del reabastecimiento	Aumenta
Costo de transporte	Aumenta
Costo de envío y recibo	Aumenta
Nivel de disponibilidad del producto	Disminuye
Rentabilidad	Disminuye

PUNTO CLAVE El efecto látigo reduce la rentabilidad de la cadena de suministro porque encarece el costo de ofrecer un nivel determinado de disponibilidad del producto.

En la siguiente sección analizamos varios obstáculos para lograr la coordinación en la cadena de suministro.

17.3 OBSTÁCULOS PARA LA COORDINACIÓN EN UNA CADENA DE SUMINISTRO

Todo factor que conduzca a la optimización local de las diferentes etapas de la cadena de suministro o a un aumento en el retraso y distorsión de la información y en la variabilidad dentro de la cadena de suministro, es un obstáculo para la coordinación. Si los gerentes en una cadena pueden identificar los principales obstáculos, podrán adoptar las medidas que correspondan para lograr la coordinación. Dividimos los principales obstáculos en cinco categorías:

- Obstáculos relativos a los incentivos
- Obstáculos de procesamiento de la información
- Obstáculos de operación
- Obstáculos de comportamiento
- Obstáculos de comportamiento

OBSTÁCULOS RELATIVOS A LOS INCENTIVOS

Ocurren en situaciones en las que los incentivos que se ofrecen a las diferentes etapas o participantes en una cadena de suministro conducen a acciones que aumentan la variabilidad y reducen las utilidades totales de la cadena.

OPTIMIZACIÓN LOCAL DENTRO DE LAS FUNCIONES O ETAPAS DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

Los incentivos que se centran sólo en el impacto local de una acción dan como resultado decisiones que no maximizan las utilidades totales de la cadena de suministro. Por ejemplo, si la remuneración del gerente de transporte de una empresa está ligada al costo promedio de transporte por unidad, es probable que el gerente adopte medidas que reducen los costos de transporte, aunque aumenten los costos de inventario o perjudiquen el servicio a los clientes. Es natural que cualquier participante en la cadena de suministro emprenda acciones que optimizan las medidas del desempeño con base en las cuales se le evalúa. Por ejemplo, los gerentes de una cadena de tiendas como K-Mart toman todas sus decisiones de compras e inventario para maximizar las utilidades de K-Mart y no las utilidades de toda la cadena de suministro. Las decisiones de compra que se basan en maximizar las utilidades en una sola etapa de la cadena de suministro

producen políticas de pedido que no maximizan las utilidades de la cadena (véanse los capítulos 10 y 12).

Incentivos de los vendedores

Los incentivos estructurados incorrectamente que se ofrecen a los vendedores constituyen un fuerte obstáculo para la coordinación de una cadena de suministro. En muchas empresas, los incentivos que se ofrecen a los vendedores se basan en la cantidad que éstos venden durante un periodo de evaluación de un mes o un trimestre. Típicamente, las ventas que mide el fabricante se refieren a la cantidad vendida a los distribuidores o detallistas (*sell-in*), y no a la cantidad vendida a los clientes finales (*sell-through*). Cuando se mide el desempeño con base en la primera cantidad, esta acción se justifica a menudo aduciendo que los vendedores del fabricante no controlan las ventas a los clientes finales. Por ejemplo, Barilla ofrecía a sus vendedores incentivos basados en la cantidad vendida a los distribuidores durante un periodo de promoción de entre cuatro y seis semanas. Para maximizar sus gratificaciones, los vendedores de Barilla apremiaban a los distribuidores para que compraran más pasta hacia finales del periodo de evaluación, aun si los distribuidores no vendían tanto a los detallistas. Los vendedores ofrecían descuentos que controlaban para estimular las ventas del fin del periodo. Esto aumentaba la variabilidad en el patrón de los pedidos y provocaba un aumento repentino de éstos al final del periodo de evaluación, seguido por muy pocos pedidos al principio del siguiente periodo de evaluación. El tamaño de los pedidos de los distribuidores de Barilla fluctuaba en un factor de hasta 70 de una semana a la siguiente. El incentivo de los vendedores basado en las ventas a los distribuidores producía una variabilidad mayor que la que registraba la demanda de los clientes.

OBSTÁCULOS DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los obstáculos de procesamiento de la información se presentan en situaciones en que la información sobre la demanda se distorsiona a medida que avanza por las diferentes etapas de la cadena de suministro y provoca mayor variabilidad en los pedidos dentro de la cadena de suministro.

Pronósticos basados en los pedidos y no en la demanda de los clientes

Cuando las etapas dentro de una cadena de suministro hacen pronósticos que se basan en los pedidos que reciben, la variabilidad en la demanda de los clientes se acrecienta a medida que los pedidos avanzan por la cadena de suministro para llegar a los fabricantes y proveedores. En las cadenas que exhiben el efecto látigo, el medio de comunicación fundamental entre las diferentes etapas son los pedidos que se colocan. Cada etapa considera que su función principal dentro de la cadena es surtir los pedidos colocados por su socio corriente abajo. Así, cada etapa considera que su demanda es el flujo de pedidos recibidos y produce un pronóstico basado en esta información.

En dicha situación, un pequeño cambio en la demanda de los clientes se acrecienta a medida que avanza por la cadena de suministro en la forma de pedidos de los clientes. Considere el impacto de un aumento aleatorio en demanda de los clientes en un detallista. Éste puede interpretar parte de este aumento aleatorio como una tendencia de crecimiento. Esta interpretación llevaría al detallista a ordenar más que el aumento observado en la demanda porque el detallista espera que el crecimiento continúe en el futuro y, por tanto, ordena para cubrir el crecimiento futuro previsto. El aumento en el pedido colocado con el mayorista es mayor que el aumento observado en la demanda en el detallista. Parte de este aumento es único. Sin embargo, el mayorista no tiene forma de interpretar correctamente el aumento del pedido. El mayorista simplemente observa un salto en el tamaño del pedido e infiere una tendencia de crecimiento. Ésta será mayor que la inferida por el detallista (recuerde que el detallista aumentó el tamaño del pedido para tomar en cuenta el crecimiento futuro). El mayorista coloca entonces un pedido aún más grande con el fabricante. A medida que vamos subiendo por la cadena de suministro, el tamaño del pedido aumenta.

Ahora suponga que los periodos de aumento aleatorio van seguidos de periodos de disminución aleatoria de la demanda. Usando la misma lógica de pronóstico que antes, el detallista ahora preverá una tendencia a la baja y reducirá el tamaño del pedido. Esta reducción también se acrecentará a medida que avanza por la cadena de suministro.

PUNTO CLAVE El hecho de que cada etapa de una cadena de suministro pronostique la demanda con base en el flujo de pedidos recibidos de la etapa anterior da como resultado un aumento en las fluctuaciones de la demanda a medida que los pedidos avanzan por la cadena, del detallista al fabricante.

No compartir la información

Cuando la información no se comparte entre las etapas de la cadena de suministro, el efecto látigo aumenta. Por ejemplo, un detallista como Wal-Mart puede aumentar el tamaño de un pedido en particular debido a una promoción planeada. Si el fabricante no tiene conocimiento de la promoción planeada, puede interpretar que el pedido mayor representa un aumento permanente en la demanda y coloca pedidos con sus proveedores en consecuencia. El fabricante y los proveedores tienen mucho inventario después de que Wal-Mart termina su promoción. Dado el exceso de inventario, a medida que los pedidos futuros regresan a la normalidad, los pedidos del fabricante serán más reducidos que antes. El no compartir información entre el detallista y el fabricante produce una fluctuación importante en los pedidos del fabricante.

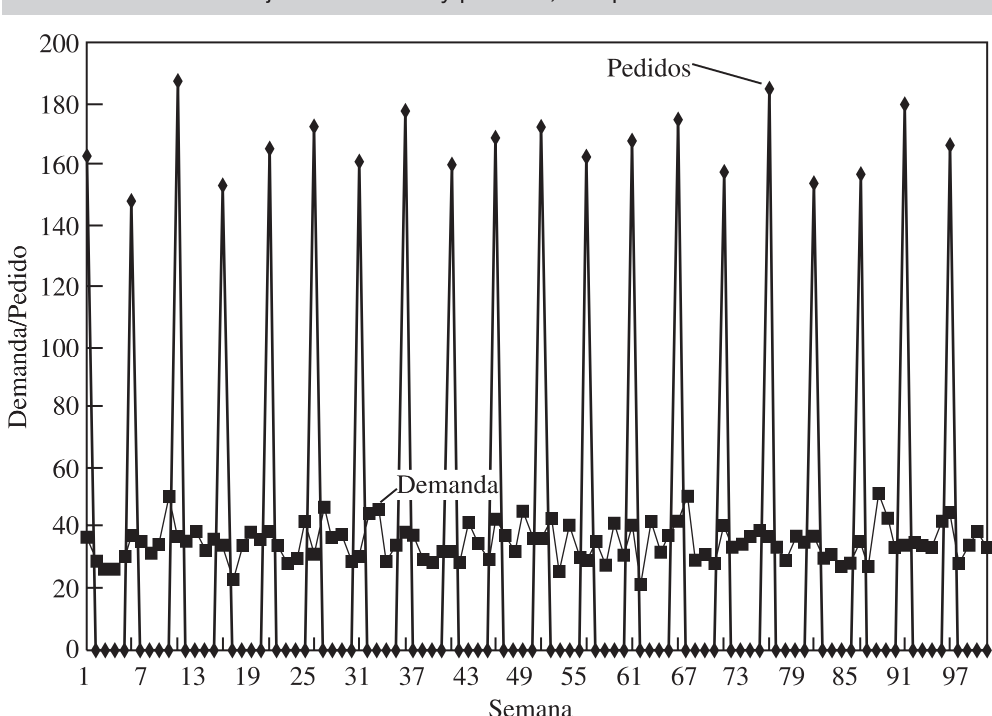
OBSTÁCULOS DE OPERACIÓN

Los obstáculos de operación se presentan cuando las acciones emprendidas en el periodo entre que se colocan y se surten los pedidos producen un aumento en la variabilidad.

Pedidos en lotes grandes

Cuando una empresa coloca pedidos en lotes de tamaño mucho mayor que cuando surge la demanda, la variabilidad de los pedidos va aumentando a medida que avanza por la cadena de suministro. Las empresas pueden ordenar lotes grandes porque hay un costo fijo considerable asociado con colocar, recibir o transportar un pedido (véase el capítulo 10). Los lotes grandes también pueden pedirse si el proveedor ofrece descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote (véase el capítulo 10). La figura 17-2 muestra tanto el flujo de la demanda como el de

FIGURA 17-2 Flujo de demanda y pedidos, con pedidos cada cinco semanas



los pedidos de una empresa que coloca un pedido cada cinco semanas. Observe que el flujo de los pedidos es mucho más errático que el de la demanda.

Debido a que los pedidos se dividen en lotes y se colocan cada cinco semanas, el flujo de los pedidos tiene cuatro semanas sin pedidos seguidas de un pedido grande que equivale a cinco semanas de demanda. Un fabricante que abastece a varios detallistas que dividen sus pedidos en lotes enfrenta un flujo de pedidos que es mucho más variable que la demanda que experimentan los detallistas. Si el fabricante divide en lotes sus pedidos a los proveedores, el efecto se intensifica. En muchos casos, hay ciertos periodos de puntos focales, como la primera o la última semana de cada mes, cuando llega la mayoría de los pedidos. Esta concentración de los pedidos exacerba el impacto de los lotes.

Tiempos de espera del reabastecimiento largos

El efecto látigo se intensifica si los tiempos de espera del reabastecimiento son largos. Considere una situación en la que el detallista se equivoca al interpretar un aumento aleatorio en la demanda y lo toma por una tendencia de crecimiento. Si el detallista enfrenta un tiempo de espera de dos semanas, incorporará el crecimiento previsto para esas dos semanas cuando coloque el pedido. En contraste, si el detallista enfrenta un tiempo de espera de dos meses, incorporará en su pedido el crecimiento previsto para esos dos meses (que será mucho mayor). Lo mismo aplica cuando una reducción aleatoria en la demanda se interpreta como una tendencia a la baja.

Esquemas de racionamiento

Los esquemas de racionamiento que asignan producción limitada en proporción a los pedidos colocados por los detallistas producen una intensificación del efecto látigo. Esto puede ocurrir cuando hay poca oferta de un producto de alta demanda. HP, por ejemplo, ha enfrentado muchas situaciones en las que la demanda de un nuevo producto supera con mucho la oferta. En esta situación, los fabricantes ponen en práctica una variedad de mecanismos para racionar la escasa oferta del producto entre los diversos distribuidores o detallistas. Un esquema de racionamiento que se emplea comúnmente consiste en asignar la oferta disponible del producto con base en los pedidos colocados. Según este esquema de racionamiento, si la oferta disponible es de 75% del total de pedidos recibidos, cada detallista recibe 75% de su pedido.

Este esquema de racionamiento da como resultado un juego en el que los detallistas tratan de aumentar el tamaño de sus pedidos para incrementar la cantidad que se les surte. Un detallista que necesita 75 unidades ordena 100 con la esperanza de recibir 75. El impacto neto de este esquema de racionamiento es inflar artificialmente los pedidos del producto. Además, el detallista que ordena con base en lo que espera vender obtiene menos y, en consecuencia, pierde ventas, mientras que se premia al detallista que infla sus pedidos.

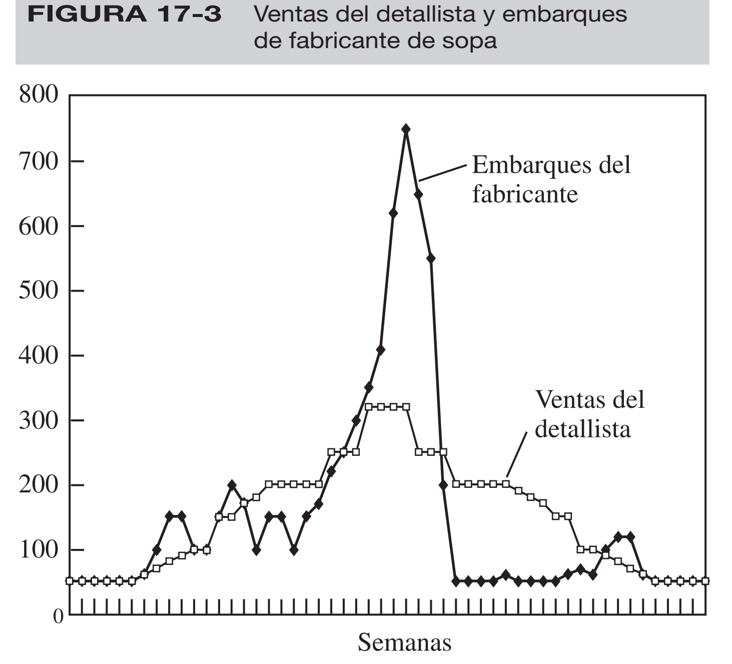
Si el fabricante usa los pedidos para pronosticar la demanda futura, interpretará el aumento en los pedidos como un aumento en la demanda, aunque la demanda de los clientes no haya cambiado. El fabricante puede responder construyendo capacidad suficiente para poder surtir todos los pedidos recibidos. Una vez que la capacidad suficiente está disponible, los pedidos vuelven a su nivel normal porque estaban inflados en respuesta al esquema de racionamiento. El fabricante se queda con un excedente de producto y capacidad. Estos ciclos de alzas y bajas tienden a alternarse.

Este fenómeno es relativamente común en la industria de las computadoras, en la que a menudo se observan periodos de escasez de componentes que se alternan con periodos de abundancia. En particular, la fabricación de chips de memoria ha experimentado dos de estos ciclos en la última década.

OBSTÁCULOS DE PRECIO

Los obstáculos de precio se presentan cuando las políticas de asignación de precios de un producto provocan un aumento en la variabilidad de los pedidos colocados.

FIGURA 17-3 Ventas del detallista y embarques de fabricante de sopa



Fuente: Adaptado de Marshall L. Fisher, "What Is the Right Supply Chain for Your Product?", *Harvard Business Review,* marzo-abril de 1997, pp. 83-93.

Descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote

Los descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote aumentan el tamaño de lote de los pedidos colocados dentro de la cadena de suministro (véase el capítulo 10). Como se explicó con anterioridad, los lotes grandes resultantes acrecientan el efecto látigo dentro de la cadena de suministro.

Fluctuaciones de precios

Las promociones comerciales y otros descuentos a corto plazo ofrecidos por un fabricante dan como resultado compras adelantadas, en las cuales el mayorista o detallista compran lotes grandes durante el periodo de vigencia del descuento para cubrir la demanda durante periodos futuros. Las compras adelantadas producen pedidos grandes durante el periodo de la promoción, seguidos por pedidos muy pequeños después de eso (véase el capítulo 10), como se muestra en la figura 17-3 para la sopa de pollo y fideos.

Observe que los embarques durante el periodo pico son más altos que las ventas en ese mismo periodo debido a la promoción ofrecida en este periodo. El periodo pico de embarques está seguido por un periodo de muy pocos embarques del fabricante, lo que indica una cantidad considerable de compras adelantadas de los distribuidores. En consecuencia, la promoción provoca una variabilidad en los embarques de fabricante que es significativamente más alta que la variabilidad de las ventas del detallista.

OBSTÁCULOS DE COMPORTAMIENTO

Los obstáculos de comportamiento son problemas de aprendizaje dentro de las organizaciones que contribuyen al efecto látigo. Estos problemas se relacionan a menudo con la manera en que la cadena de suministro está estructurada y con la comunicación entre las diferentes etapas. Algunos de los obstáculos de comportamiento son los siguientes:

1. Cada etapa de la cadena de suministro ve sus acciones de manera local y no puede entender el impacto de sus acciones en las otras etapas.

2. Diferentes etapas de la cadena de suministro reaccionan a la situación local actual en lugar de tratar de identificar las causas fundamentales.
3. Con base en un análisis local, las diferentes etapas de la cadena de suministro se culpan unas a otras de las fluctuaciones y las etapas sucesivas de la cadena se convierten en enemigos en lugar de ser socios.
4. Ninguna etapa de la cadena de suministro aprende de sus acciones con el tiempo porque las consecuencias más significativas de las acciones que emprende una etapa ocurren en otra parte. El resultado es un ciclo vicioso en el que las acciones de una etapa crean los problemas por los que esa etapa responsabiliza a las otras.
5. Una falta de confianza entre los socios de la cadena de suministro ocasiona que sean oportunistas a expensas del desempeño general de la cadena. La falta de confianza también produce una duplicación considerable de esfuerzos. Lo que es más importante, la información disponible en diferentes etapas no se comparte o se pasa por alto porque nadie confía en ella.

17.4 PALANCAS ADMINISTRATIVAS PARA LOGRAR LA COORDINACIÓN

Después de identificar los obstáculos para la coordinación, ahora nos centramos en las medidas que el gerente puede adoptar para ayudar a superar los obstáculos y lograr la coordinación en la cadena de suministro. Las siguientes acciones administrativas aumentan las utilidades totales de la cadena y moderan el efecto látigo.

- Alinear las metas e incentivos
- Mejorar la precisión de la información
- Mejorar el desempeño operacional
- Diseñar las estrategias de precios para estabilizar los pedidos
- Formar asociaciones y crear confianza

ALINEAR LAS METAS E INCENTIVOS

Los gerentes pueden mejorar la coordinación dentro de la cadena de suministro si alinean las metas y los incentivos para que todos los que participan en las actividades de la cadena trabajen para maximizar las utilidades totales.

Alineación de los incentivos entre las funciones

Una clave de las decisiones coordinadas dentro de una empresa es asegurar que el objetivo que las funciones usan para evaluar una decisión esté alineado con el objetivo global de la empresa. Todas las decisiones sobre las instalaciones, transporte e inventario deben evaluarse con base en su efecto en la rentabilidad, no en los costos totales o, aún peor, sólo en los costos locales. Esto contribuye a evitar situaciones como cuando el gerente de transporte toma decisiones que reducen el costo de transporte, pero aumentan los costos totales de la cadena de suministro (véase el capítulo 13).

Asignación de precios para lograr la coordinación

Un fabricante puede usar los descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote para lograr la coordinación en los productos básicos si el fabricante tiene costos fijos altos asociados con cada lote (véase el capítulo 10). Para productos en los que la empresa tiene poder de mercado, el gerente puede usar las tarifas en dos partes y los descuentos por volumen para contribuir a lograr la coordinación (véase el capítulo 10). Dada la incertidumbre de la demanda, los fabricantes pueden usar contratos de devolución (*buy-back*), reparto de ingresos y cantidad flexible para estimular a los detallistas a ofrecer niveles de disponibilidad del producto que maximicen las utilidades de la cadena de suministro. Los contratos de devolución se han empleado en la industria editorial para aumentar las utilidades totales de la cadena de suministro. Los contratos de cantidad flexible han ayudado a Benetton a incrementar las utilidades de su cadena.

Modificar los incentivos que se ofrecen a los vendedores para basarlos en las ventas a los consumidores y no en las ventas a los distribuidores y detallistas

Todo cambio que reduzca el incentivo de un vendedor para empujar el producto hacia el detallista reduce el efecto látigo. Si los incentivos de los vendedores se basan en las ventas a través de un horizonte móvil, se reduce el incentivo para empujar el producto. Esto ayuda a reducir las compras adelantadas y la fluctuación resultante en los pedidos. Los gerentes también pueden ligar los incentivos de los vendedores a las ventas al consumidor final por parte del detallista en lugar de las ventas a los distribuidores y detallistas. Esta medida elimina la motivación que el personal de ventas puede tener para alentar las compras adelantadas. La eliminación de las compras adelantadas ayuda a reducir las fluctuaciones en el flujo de pedidos.

MEJORAR LA PRECISIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para lograr la coordinación, los gerentes deben mejorar la precisión de la información disponible en las diferentes etapas de la cadena de suministro.

Compartir datos del punto de venta

Compartir datos del punto de venta (POS, del inglés *point-of-sale*) en toda la cadena de suministro puede ayudar a reducir el efecto látigo. Una de las principales causas del efecto látigo es el hecho de que cada etapa de la cadena de suministro usa los pedidos para pronosticar la demanda futura. Dado que los pedidos recibidos por las diferentes etapas varían, los pronósticos en las diferentes etapas también varían. En realidad, la única demanda que la cadena de suministro necesita satisfacer es la del consumidor final. Si los detallistas comparten datos del POS con otras etapas de la cadena, todas las etapas podrán pronosticar la demanda futura con base en la demanda de los clientes. Compartir los datos del POS contribuye a reducir el efecto látigo porque todas las etapas responden ahora al mismo cambio en la demanda de los clientes. Observe que compartir datos agregados del POS es suficiente para reducir el efecto látigo. No es indispensable compartir datos detallados del POS. El uso de sistemas de información apropiados facilita compartir estos datos (véase el capítulo 16).

Las compañías también pueden usar Internet para compartir datos con los proveedores. Para las compañías de ventas directas, como Dell, y las compañías que practican el comercio electrónico, los datos del POS están disponibles en un formato que puede compartirse con facilidad. Dell comparte datos de la demanda, así como las posiciones actuales del inventario de componentes con muchos proveedores a través de Internet; así evita fluctuaciones innecesarias en la oferta y los pedidos colocados. P&G ha convencido a muchos detallistas de compartir datos de la demanda. P&G, a su vez, comparte los datos con sus proveedores y mejora así la coordinación en la cadena de suministro.

Implementación de pronóstico y planeación colaborativos

Después de compartir los datos del punto de venta, las diferentes etapas de la cadena de suministro deben pronosticar y planear conjuntamente para lograr una coordinación total. Sin la planeación colaborativa, el compartir los datos del POS no garantiza la coordinación. Un detallista puede haber observado demanda alta en el mes de enero porque implementó una promoción. Si no ha planeado ninguna promoción para el próximo enero, el pronóstico del detallista diferirá del pronóstico del fabricante, incluso si los dos disponen de datos anteriores del POS. El fabricante debe tener conocimiento de los planes de promoción del detallista para lograr la coordinación. La clave radica en asegurar que toda la cadena de suministro opere con un pronóstico común. Para facilitar este tipo de coordinación en el entorno de la cadena, la Voluntary Interindustry Commerce Standards Association (VICS) ha establecido un comité de planeación, pronóstico y reabastecimiento colaborativo (CPFR, del inglés *collaborative planning, forecasting, and replenishment*) para identificar las mejores prácticas y lineamientos de diseño para planeación y pronóstico colaborativo. Estas prácticas se detallan adelante en este capítulo.

Diseño de control del reabastecimiento por una sola etapa

El diseño de una cadena de suministro en la cual una sola etapa controla las decisiones de reabastecimiento para toda la cadena de suministro ayuda a disminuir el efecto látigo. Como

mencionamos antes, una de las principales causas del efecto látigo es el hecho de que cada etapa de la cadena usa los pedidos de la etapa anterior como demanda histórica. Como resultado, cada etapa considera que su función está representada por los pedidos colocados por la siguiente etapa. En realidad, el reabastecimiento clave es el del detallista, porque ahí es donde compra el consumidor final. Cuando una sola etapa controla las decisiones de reabastecimiento de toda la cadena, el problema de tener múltiples pronósticos se elimina y se produce la coordinación dentro de la cadena de suministro.

Para un fabricante como Dell que vende directamente a los clientes, el control único del reabastecimiento es automático porque no hay intermediario entre el fabricante y el cliente. El fabricante automáticamente se convierte en el único punto de control de las decisiones de reabastecimiento. Cuando las ventas se realizan a través de detallistas, hay varias prácticas de la industria, como los programas de reabastecimiento continuo (CRP, del inglés *continuous replenishment programs*) e inventarios administrados por el proveedor (VMI, del inglés *vendor-managed inventories*) que se detallan adelante en este capítulo.

MEJORAR EL DESEMPEÑO OPERACIONAL

Para contribuir a amortiguar el efecto látigo, los gerentes pueden mejorar el desempeño operacional y diseñar esquemas apropiados de racionamiento de los productos en caso de escasez.

Reducción del tiempo de espera del reabastecimiento

Si reducen el tiempo de espera del reabastecimiento, los gerentes pueden disminuir la incertidumbre de la demanda durante el periodo de espera (véase el capítulo 11). Una reducción en tiempo de espera es especialmente beneficiosa para los artículos de temporada porque permite que se coloquen múltiples pedidos en la temporada con un aumento significativo en la precisión del pronóstico (véase el capítulo 12). Así, una reducción en el tiempo de espera del reabastecimiento contribuye a amortiguar el efecto látigo porque reduce la incertidumbre subyacente de la demanda.

Los gerentes pueden adoptar una variedad de medidas en diferentes etapas de la cadena de suministro para reducir los tiempos de espera del reabastecimiento. Los pedidos electrónicos, ya sea a través de comercio electrónico por Internet o a través de métodos más antiguos, como el intercambio electrónico de datos (EDI, del inglés *electronic data interchange*), pueden reducir de manera significativa el tiempo de espera asociado con la colocación de pedidos y la transferencia de información. En las plantas manufactureras, una mayor flexibilidad y la manufactura celular pueden usarse para lograr una reducción considerable en los tiempos de espera. El amortiguamiento del efecto látigo reduce aún más los tiempos de espera debido a la demanda estabilizada y, como resultado, una mejor programación. Esto es especialmente válido cuando se fabrica una gran variedad de productos. Se pueden usar avisos anticipados de embarque para reducir el tiempo de espera, así como el esfuerzo asociado con la recepción. El cruce de andén también se emplea para reducir el tiempo de espera asociado con mover el producto entre etapas en la cadena de suministro. Wal-Mart ha usado muchos de los métodos mencionados anteriormente para reducir de manera significativa el tiempo de espera dentro de su cadena de suministro.

Reducción del tamaño de los lotes

Para reducir el efecto látigo, los gerentes pueden implementar mejoras operacionales para reducir el tamaño de los lotes. Una reducción del tamaño de lote disminuye la cantidad de fluctuación que se acumula entre un par de etapas cualquiera en una cadena de suministro, disminuyendo así el efecto látigo. Para reducir el tamaño de los lotes, los gerentes deben emprender acciones que contribuyan a reducir los costos fijos asociados con ordenar, transportar y recibir cada lote (véase el capítulo 10). Wal-Mart y Seven-Eleven Japón han logrado reducir el tamaño de los lotes de reabastecimiento agregando las entregas de muchos productos y proveedores.

El término *pedidos asistidos por computadora* (CAO, del inglés *computer-assisted ordering*) se refiere a la sustitución, por medio de tecnología, de las funciones de un empleado en un comercio detallista que toma los pedidos. En este caso el pedido se prepara mediante el uso de computadoras que integran información acerca de las ventas del producto, los factores del mercado que afectan la demanda, los niveles de inventario, los ingresos generados por el producto y los niveles de servicio deseado. CAO y EDI contribuyen a reducir los costos fijos asociados con colocar cada pedido. En la actualidad, el creciente uso de los pedidos basados en

Web por parte de compañías como W.W. Grainger y McMaster-Carr ha facilitado los pedidos en lotes pequeños debido a los costos menores de pedido para los clientes y los costos menores de surtido para las propias compañías. El crecimiento del comercio electrónico B2B también está reduciendo los costos de ordenar. Por ejemplo, General Motors y Ford requerirán a muchos de sus proveedores que estén equipados para recibir pedidos por Web para tratar de hacer más eficiente el proceso de ordenar. En el capítulo 16 se presenta una discusión de esta idea.

En algunos casos, los gerentes pueden simplificar los pedidos mediante la eliminación de las órdenes de compra. En la industria automotriz, a algunos proveedores se les paga con base en el número de automóviles producidos, eliminando la necesidad de expedir órdenes de compra individuales. Esto elimina el costo de procesamiento asociado con cada pedido de reabastecimiento. Los sistemas de información también facilitan la liquidación de transacciones financieras y eliminan el costo asociado con las órdenes de compra individuales.

La enorme diferencia entre los precios de los embarques TL y LTL estimula los embarques en cantidades de TL. De hecho, con los esfuerzos para reducir los costos de procesamiento de los pedidos, los costos de transporte son ahora la principal barrera para los lotes pequeños en la mayoría de las cadenas de suministro. Para reducir el tamaño de los lotes sin incrementar los costos de transporte, los gerentes pueden llenar un camión usando lotes pequeños de una variedad de productos (véase el capítulo 10). P&G, por ejemplo, requiere que todos los pedidos de los detallistas sean por un camión lleno. Sin embargo, esta carga puede estar formada por cualquier combinación de productos. Así, el detallista puede ordenar lotes pequeños de cada producto con tal de que se incluya una variedad de productos suficientemente grande para llenar cada camión. Seven-Eleven Japón ha usado esta estrategia con camiones combinados, donde la separación se hace por la temperatura a la que se mantiene el camión. Todos los productos que se van a transportar a una temperatura en particular van en el mismo camión. Esto ha permitido a Seven-Eleven Japón reducir el número de camiones enviados a las tiendas detallistas y mantener al mismo tiempo una gran variedad de productos. Algunas empresas de la industria de productos de consumo usan camiones con diferentes compartimientos, cada uno a diferente temperatura, en los que se transporta una variedad de productos para reducir el tamaño de los lotes.

Para reducir el tamaño de los lotes, los gerentes pueden usar también los recorridos rutinarios (*milk runs*) que combinan embarques de varios detallistas en un solo camión, como vimos en el capítulo 13. En muchos casos, terceros de transporte combinan embarques dirigidos a tiendas competidoras en un solo camión. Esto reduce el costo fijo de transporte por detallista y permite a cada uno de ellos ordenar en lotes pequeños. En Japón, Toyota usa un solo camión de un proveedor para abastecer múltiples plantas de ensamblaje, lo que permite a los gerentes reducir el tamaño del lote recibido por la planta. También pueden reducir el tamaño de los lotes mediante la combinación de embarques de múltiples proveedores en un solo camión. En Estados Unidos, Toyota usa este método para reducir el tamaño de los lotes que recibe de un proveedor.

Cuando se ordenan y entregan lotes pequeños, tanto la presión como el costo de recepción pueden aumentar de manera considerable. Por tanto, los gerentes deben implementar tecnologías que simplifiquen el proceso de recepción y reduzcan el costo asociado. Por ejemplo, los avisos anticipados de embarque identifican electrónicamente el contenido del envío, número de unidades enviadas y fecha de entrega; contribuyen a reducir el tiempo de descarga y aumentan la eficiencia del cruce de andén. Estos avisos pueden usarse para actualizar electrónicamente los registros de inventario y reducir así el costo de recepción. Colocar códigos de barra en las cajas de embalaje también facilita la recepción y entrega. DEX y NEX son dos tecnologías de recepción que permiten la actualización directa de los registros de inventario una vez que se ha verificado la cantidad de artículos recibidos.

Cada una de estas tecnologías funciona para simplificar la tarea de enviar, transportar y recibir pedidos complejos con lotes pequeños de muchos productos. Esto facilita la reducción del tamaño del lote y contrarresta el efecto látigo.

Otra manera sencilla de minimizar el impacto de los lotes es alentar a los diferentes clientes a ordenar de tal modo que la demanda se distribuya uniformemente a través del tiempo. Con frecuencia, los clientes que ordenan una vez a la semana tienden a hacerlo los lunes o viernes. Los clientes que ordenan una vez al mes tienden a hacerlo a principios o finales del mes. En estas situaciones es mejor distribuir uniformemente a los clientes que ordenan una vez a la

semana entre todos los días de la semana y a los clientes que ordenan una vez al mes entre todos los días del mes. De hecho, se pueden programar con anticipación días regulares para recibir los pedidos de cada cliente. En general, esto no afecta a los detallistas, pero regula el flujo de pedidos que llegan al fabricante y amortigua el efecto látigo.

Racionamiento basado en las ventas pasadas y compartir la información para limitar los pedidos inflados artificialmente

Para disminuir el efecto látigo, los gerentes pueden diseñar esquemas de racionamiento para que los detallistas desistan de inflar artificialmente sus pedidos en caso de escasez. Un método, llamado *convertir y ganar* (*turn-and-earn*), consiste en asignar la oferta disponible con base en las ventas pasadas en lugar de en los pedidos actuales del detallista. Al ligar la asignación con las ventas pasadas se elimina cualquier incentivo que el detallista pueda tener para inflar los pedidos; como resultado, se aminora el efecto látigo. De hecho, durante lo periodos de demanda baja, el método de convertir y ganar presiona a los detallistas para que traten de vender más, con lo que incrementan la asignación que reciben durante periodos de escasez. Varias empresas, entre ellas General Motors, han usado históricamente el mecanismo de convertir y ganar para racionar el producto disponible en caso de escasez. Otros, como HP, han asignado históricamente los productos con base en los pedidos de los detallistas, pero ahora están tratando de usar las ventas pasadas.

Otras empresas han tratado de compartir información en la cadena de suministro para minimizar situaciones de escasez. Empresas como Sport Obermeyer ofrecen incentivos a sus clientes grandes para que preordenen por lo menos una parte de su pedido anual. Esta información permite a Sport Obermeyer mejorar la precisión de sus pronósticos y asignar la capacidad de producción en consecuencia. Una vez que la capacidad ha sido asignada como corresponde entre los diferentes productos, es menos probable que se presenten situaciones de escasez y, por tanto, se reduce el efecto látigo. La disponibilidad de capacidad flexible también puede ser útil en este respecto, porque puede cambiarse con facilidad de un producto cuya demanda es menor que la esperada a otro cuya demanda es mayor que la esperada.

DISEÑAR ESTRATEGIAS DE PRECIOS PARA ESTABILIZAR LOS PEDIDOS

Para disminuir el efecto látigo, los gerentes pueden idear estrategias de precios que estimulen a los detallistas a ordenar en lotes más pequeños y reducir las compras adelantadas.

Cambiar de los descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote a los descuentos basados en el volumen

Como resultado de los descuentos por cantidad basados en el tamaño del lote, los detallistas aumentan el tamaño de sus lotes para aprovechar al máximo el descuento. Ofrecer descuentos por cantidad basados en el volumen elimina el incentivo para aumentar el tamaño de un solo lote porque estos descuentos consideran las compras totales durante un periodo específico (por ejemplo, un año) en lugar de las compras en un solo lote (véase el capítulo 10). Los descuentos basados en el volumen dan como resultado lotes más pequeños y reducen la variabilidad de los pedidos en la cadena de suministro. Los descuentos basados en el volumen con una fecha final fija en la cual se evaluarán los descuentos pueden provocar lotes grandes cuando se acerca la fecha final. Ofrecer los descuentos a través de un horizonte móvil contribuye a aminorar este efecto. HP está experimentando con dejar los descuentos basados en el tamaño del lote para ofrecer descuentos basados en el volumen.

Precios estabilizadores

Para amortiguar el efecto látigo, los gerentes pueden eliminar las promociones y cobrar precios bajos todos los días. La eliminación de las promociones elimina las compras adelantadas por parte de los detallistas y da como resultado pedidos que se ajustan a la demanda de los clientes. P&G, Campbell Soup y varios otros fabricantes han implementado los precios bajos todos los días para reducir el efecto látigo.

Los gerentes pueden poner límites a la cantidad que se puede comprar durante una promoción para disminuir las compras adelantadas. Este límite debe ser específico para cada detallista y vincularse con las ventas históricas. Otro método consiste en relacionar la cantidad que se paga

durante la promoción al detallista con la cantidad de ventas directas al consumidor final en lugar de la cantidad comprada por el detallista. Como resultado, los detallistas no obtienen ningún beneficio de las compras adelantadas y compran más sólo si pueden vender más. Las promociones basadas en las ventas al consumidor final reducen el efecto látigo. La presencia de sistemas de información específicos facilita relacionar las promociones directamente con las ventas al cliente.

FORMAR ASOCIACIONES ESTRATÉGICAS Y CREAR CONFIANZA

Es más fácil para los gerentes usar las palancas analizadas anteriormente para disminuir el efecto látigo y lograr la coordinación si existe confianza y asociaciones estratégicas dentro de la cadena de suministro. Compartir información precisa en la que confían todas las etapas resulta en un mejor ajuste de la oferta y la demanda en toda la cadena y a un menor costo. Una mejor relación también tiende a disminuir el costo de transacción entre las etapas de la cadena. Por ejemplo, un proveedor puede eliminar su esfuerzo de pronóstico si confían en la información sobre los pedidos y los pronósticos del detallista. Asimismo, el detallista puede reducir el esfuerzo de recepción mediante la reducción de los recuentos e inspecciones si confía en la calidad y entrega del proveedor. En general, las etapas de una cadena de suministro pueden eliminar el esfuerzo duplicado con base en una mayor confianza y una mejor relación. La disminución del costo de transacción, junto con la información compartida precisa, ayuda a mitigar el efecto látigo. Wal-Mart y P&G han tratado de formar una asociación estratégica que sea mutuamente beneficiosa y contribuya a reducir el efecto látigo.

Las palancas que ayudan a la cadena de suministro a lograr una mejor coordinación se clasifican en dos categorías generales. Las *palancas orientadas a la acción* incluyen compartir la información, cambiar los incentivos, mejorar las operaciones y estabilizar los precios. Las *palancas orientadas a las relaciones* comprenden la creación de cooperación y confianza dentro de la cadena de suministro. En la siguiente sección tratamos con mayor detalle las palancas orientadas a las relaciones.

17.5 FORMACIÓN DE ASOCIACIONES ESTRATÉGICAS Y CREACIÓN DE CONFIANZA DENTRO DE UNA CADENA DE SUMINISTRO

Una *relación basada en la confianza* entre dos etapas de la cadena de suministro incluye la *fiabilidad* de las dos etapas y la capacidad de cada etapa de realizar un *salto de fe.*[4] La confianza implica la convicción de que cada etapa se interesa en el bienestar de las otras y no emprenderá acciones sin considerar el impacto en las otras etapas. La cooperación y la confianza dentro de la cadena de suministro ayudan a mejorar el desempeño por las siguientes razones:

1. Cuando las etapas confían unas en otras, es más probable que tomen en consideración los objetivos de la otra parte cuando tomen decisiones.
2. Las palancas administrativas orientadas a la acción para lograr la coordinación se vuelven más fáciles de implementar. Es natural compartir información entre partes que confían la una en la otra. Asimismo, las mejoras operacionales son más fáciles de implementar y es más sencillo diseñar esquemas de precios apropiados si ambas partes buscan el bien común.
3. Se produce un aumento en la productividad de la cadena de suministro, ya sea por la eliminación de esfuerzos duplicados o por la asignación de los esfuerzos a la etapa apropiada. Por ejemplo, un fabricante recibe material de un proveedor sin inspeccionarlo si el proveedor comparte los diagramas de control del proceso. Otro ejemplo puede ser una situación en la que un distribuidor contribuye a la estrategia de aplazamiento de un fabricante si realiza la personalización justo antes de que el producto llegue al punto de venta.
4. Se comparte en mayor grado la información detallada sobre ventas y producción. Compartir la información permite a la cadena de suministro coordinar las decisiones de producción y distribución. Como resultado, la cadena de suministro puede ajustar mejor la oferta a la demanda, lo que produce, a su vez, una mejor coordinación.

[4] Véase Kumar (1996).

TABLA 17-2 Comparación de detallistas por nivel de confianza

Medida de comparación	*Confianza baja*	*Confianza alta*
Búsqueda de fuentes de suministro alternativas por parte de los detallistas	100	78
Compromiso de los detallistas con el fabricante	100	112
Ventas de la línea de productos del fabricante por parte de los detallistas	100	178
Desempeño de los detallistas, evaluado por el fabricante	100	111

Fuente: Adaptado de N. Kumar, "The Power of Trust in Manufacturer-Retailer Relationships", *Harvard Business Review,* noviembre-diciembre de 1996, pp. 92-106.

Los beneficios de la confianza se resaltan en la tabla 17-2 en el contexto de una cadena de suministro de reemplazo de autopartes. La tabla contiene calificaciones promedio de más de 400 detallistas clasificados en las categorías baja o alta (y en escala relativa al nivel de encuestados de confianza baja) con base en su confianza en el fabricante. Por ejemplo, el detallista promedio, con confianza alta en los fabricantes, tiene menos fuentes de suministro alternativas, se compromete más con el fabricante, vende más productos del fabricante y recibe una calificación más alta del fabricante. También destaca que los propios detallistas se sienten más satisfechos cuando tienen más confianza en el fabricante porque es menos probable que busquen fuentes de suministro alternativas.

Históricamente, las relaciones de la cadena de suministro se han basado en el poder o en la confianza. En una relación basada en el poder, la parte más fuerte impone su punto de vista. Aunque explotar el poder puede ser ventajoso a corto plazo, sus consecuencias negativas se sienten a largo plazo por tres razones principales:

1. Explotar el poder produce a menudo que una etapa de la cadena de suministro maximice sus utilidades a expensas de las otras. Esto disminuye las utilidades totales de la cadena de suministro.
2. Explotar el poder para obtener concesiones injustas puede afectar a la compañía una vez que cambia el equilibrio del poder. Este cambio en la correlación de fuerzas ha ocurrido en las últimas dos décadas, y los detallistas de Europa y Estados Unidos se han vuelto más poderosos que los fabricantes en muchas cadenas de suministro.
3. Cuando una etapa de una cadena de suministro explota sistemáticamente su ventaja en poder, las otras etapas buscan la manera de oponer resistencia. En muchos casos en que los detallistas han tratado de explotar su poder, los fabricantes han buscado maneras de tener acceso directo a los consumidores. Éstas incluyen vender por Internet y establecer tiendas de la compañía. El resultado puede ser una disminución en las utilidades de la cadena de suministro porque las diferentes etapas compiten entre sí en lugar de cooperar.

Aunque todos están de acuerdo en que la cooperación y la confianza en una cadena de suministro son valiosas, estas cualidades son muy difíciles de iniciar y sostener. Hay dos enfoques en relación con cómo se puede construir la cooperación y confianza en cualquier relación de la cadena de suministro:

- ***Enfoque basado en la disuasión.*** En este enfoque las partes interesadas usan una variedad de contratos formales para asegurar la cooperación. Con los contratos en vigor, se supone que las partes se comportarán de manera confiable puramente por razones de interés propio.
- ***Enfoque basado en el proceso.*** Con este enfoque, la confianza y la cooperación se van creando con el tiempo como resultado de una serie de interacciones entre las partes interesadas. Las interacciones positivas fortalecen la creencia en la cooperación de la otra parte.

En la mayoría de las situaciones prácticas, ninguno de los dos enfoques se sostiene exclusivamente. Es imposible diseñar un contrato que tome en cuenta todas las contingencias que puedan presentarse en el futuro. Así, las partes que confían la una en la otra todavía tal vez tengan que trabajar en la construcción de confianza para resolver los problemas que no están

incluidos en el contrato. A la inversa, las partes que confían la una en la otra y tienen una relación larga aún dependen de los contratos. En las asociaciones más eficaces se usa una combinación de los dos enfoques. Un ejemplo es la situación en que los proveedores firman un contrato inicial que contiene las contingencias con los fabricantes y luego los fabricantes no quieren remitirse al contrato nunca más. Su esperanza es que todas las contingencias puedan resolverse por medio de la negociación de la mejor manera para la cadena de suministro.

En la mayoría de las relaciones fuertes en una cadena de suministro, el periodo inicial a menudo depende más del punto de vista basado en la disuasión. Con el tiempo, la relación evoluciona hacia una mayor dependencia del punto de vista basado en el proceso. Desde la perspectiva de la cadena de suministro, la meta ideal es la *coidentificación*, en la que cada parte hace suyo el objetivo de la otra. La coidentificación asegura que cada etapa tenga en cuenta las utilidades de toda la cadena de suministro al tomar decisiones.

Hay dos fases en toda relación a largo plazo de la cadena de suministro. En la *fase de diseño*, se establecen las reglas de procedimiento y la relación se inicia. En la *fase de administración*, ocurren las interacciones basadas en las reglas de procedimiento y la relación así como las reglas de procedimiento evolucionan. Un gerente que trata de construir una relación en la cadena de suministro debe considerar cómo puede fomentar la cooperación y la confianza en las dos fases de la relación. Es muy importante la consideración cuidadosa, porque en la mayoría de las cadenas de suministro, el poder tiende a concentrarse en relativamente pocas manos. La concentración de poder a menudo lleva a los gerentes a pasar por alto el esfuerzo requerido para crear confianza y cooperación, lo que perjudica el desempeño de la cadena de suministro a largo plazo.

En seguida analizamos cómo un gerente puede diseñar una relación en la cadena de suministro que fomente la cooperación y la confianza.

DISEÑO DE UNA RELACIÓN CON COOPERACIÓN Y CONFIANZA

Los pasos esenciales para diseñar asociaciones eficaces en una cadena de suministro son los siguientes:

1. Evaluar el valor de la relación
2. Identificar las funciones de operación y los derechos de decisión de cada parte
3. Crear contratos eficaces
4. Diseñar mecanismos eficaces para la resolución de conflictos

Evaluar el valor de la relación

El primer paso para diseñar una relación en la cadena de suministro es identificar con claridad el beneficio mutuo que la relación ofrece. En la mayoría de las cadenas de suministro, cada miembro de la asociación aporta habilidades bien diferenciadas y todas ellas se necesitan para surtir los pedidos de los clientes. Por ejemplo, un fabricante produce el producto, el transportista lo transporta entre las etapas y el detallista lo pone a disposición del consumidor final. El siguiente paso es identificar los criterios usados para evaluar la relación, así como la contribución de cada parte. Un criterio común es el aumento en las utilidades totales como resultado de la relación. La *equidad,* definida aquí como “trato justo”, debe ser otro criterio importante para evaluar y diseñar una relación.[5] La equidad mide la justicia con que se dividen las utilidades totales entre las partes interesadas.

No es probable que las etapas de la cadena de suministro trabajen para utilizar las distintas palancas administrativas que logran la coordinación a menos que tengan la seguridad de que el aumento resultante en las utilidades se compartirá equitativamente. Por ejemplo, cuando los proveedores se esfuerzan por reducir los tiempos de espera del reabastecimiento, la cadena de suministro se beneficia porque se reducen los inventarios de seguridad de los fabricantes y detallistas. No es probable que los proveedores se esfuercen si los fabricantes y detallistas no están dispuestos a compartir el aumento en las utilidades con ellos. Por tanto, una relación en la

[5] Ring and Van de Ven (1994).

cadena de suministro tiene probabilidades de sostenerse sólo si aumentan las utilidades totales y este aumento se comparte equitativamente por todas las partes interesadas.

El siguiente paso es aclarar la contribución de cada parte así como los beneficios que recibe cada una. Por ejemplo, si un fabricante y un distribuidor van a implementar juntos el aplazamiento de la diferenciación, es importante aclarar el papel de cada parte en la implementación del aplazamiento, el valor de esta estrategia para la cadena de suministro y cómo se compartirán las mayores utilidades entre las partes. Deben diseñarse mecanismos flexibles que permitan a los socios monitorear la relación periódicamente y ajustar tanto las contribuciones como la asignación de los beneficios resultantes. Por ejemplo, DaimlerChrysler negocia un cierto nivel de mejoramiento al año con cada proveedor. Sin embargo, no especifica las áreas en que debe lograrse el mejoramiento. Esta flexibilidad permite a los proveedores identificar áreas donde el mayor grado de mejoramiento puede producirse con el mínimo esfuerzo y crea una situación en la que ambas partes salen ganando.

Identificar las funciones de operación y los derechos de decisión de cada parte

Cuando se identifican las funciones de operación y los derechos de decisión de las diferentes partes en una relación, los gerentes deben considerar la interdependencia resultante entre las partes. Puede crearse una fuente de conflicto si las tareas se dividen de modo que una parte dependa más de la otra. En muchas sociedades, hay una asignación ineficiente de las tareas simplemente porque ninguna de las partes está dispuesta a dar a la otra una supuesta posición de ventaja con base en las tareas asignadas.

La asignación de tareas resulta en una *interdependencia secuencial* si las actividades de un socio preceden a las del otro. Tradicionalmente, las relaciones en una cadena de suministro han sido secuenciales; es decir, una etapa termina todas sus tareas y le cede la batuta a la siguiente. En la *interdependencia recíproca,* las partes se reúnen e intercambian información y datos en ambas direcciones. P&G y Wal-Mart están tratando de crear interdependencia recíproca mediante equipos colaborativos de pronóstico y reabastecimiento. Los equipos están formados por personal tanto de Wal-Mart como de P&G. Wal-Mart aporta información sobre la demanda y P&G aporta información sobre la capacidad disponible. Los equipos deciden la política de producción y reabastecimiento que es mejor para la cadena de suministro.

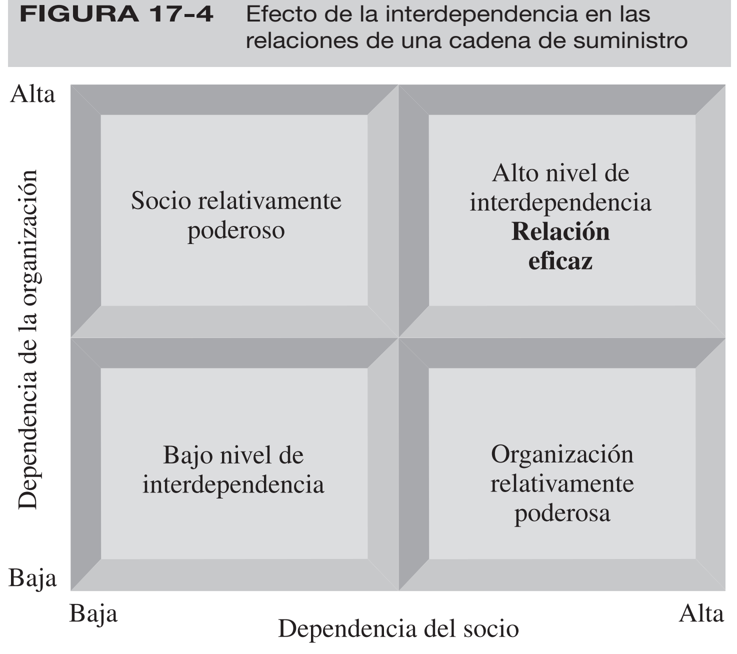
La interdependencia recíproca requiere un esfuerzo considerable para administrarla y puede aumentar los costos de transacción si no se administra correctamente. Sin embargo, la interdependencia recíproca tiene más probabilidades de producir decisiones que maximicen la rentabilidad de la cadena de suministro porque todas las decisiones deben tomar en cuenta los objetivos de ambas partes. Así, la mayor interdependencia recíproca en la asignación de las funciones de operación y los derechos de decisión aumenta las oportunidades de una relación eficaz, como se muestra en la figura 17-4.

Los gerentes deben asegurarse de que las tareas que se requieren de cada parte para efectuar una transmisión exitosa del producto de una a la otra estén bien definidas. Considere la relación entre Dell, Sony y Airborne. Dell toma pedidos de computadoras que ella misma ensambla y monitores que Sony fabrica. Airborne recoge las computadoras en la planta de Dell en Texas y los monitores en el almacén de Sony en México. A continuación, los fusiona y envía el pedido combinado al cliente. Para que un pedido se entregue a tiempo, las tres partes deben coordinarse y completar sus tareas. Para lograr la cooperación, los gerentes también deben implementar algún mecanismo, como los sistemas de información correspondientes, que ayuden a localizar con precisión el origen de todas las fallas.

Crear contratos eficaces

Los gerentes pueden ayudar a promover la confianza creando contratos que alienten la negociación cuando surjan contingencias imprevistas. Los contratos son más eficaces cuando la *información completa* está disponible y todas las futuras contingencias se han tomado en cuenta. En la práctica, la incertidumbre respecto al futuro hace imposible diseñar un contrato con todas

FIGURA 17-4 Efecto de la interdependencia en las relaciones de una cadena de suministro



Fuente: Adaptado de N. Kumar, "The Power of Trust in Manufacturer-Retailer Relationships", *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre de 1996, pp. 92-106.

las contingencias incluidas. Así, es esencial que el proveedor y el detallista creen una relación que permita que la confianza compense las lagunas en el contrato.

La relación a menudo se entabla inicialmente entre personas que han sido asignadas de cada lado. Con el tiempo, los acuerdos y compromisos informales entre las personas tienden a formalizarse cuando se redactan los nuevos contratos. Cuando se diseña la asociación y el contrato inicial, debe entenderse que habrá acuerdos informales que operarán lado a lado y que éstos contribuirán al desarrollo del contrato formal con el tiempo. En consecuencia, los contratos que evolucionan con el tiempo probablemente serán mucho más eficaces que los contratos que se definen por completo al principio de la asociación.

A largo plazo, los contratos sólo pueden desempeñar una función parcial en mantener asociaciones eficaces en una cadena de suministro. Un buen ejemplo es la relación entre Caterpillar y sus distribuidores, en la que el distribuidor o Caterpillar pueden rescindir los contratos sin causa, si se dan aviso con 90 días de anticipación. Como resulta evidente, no es sólo el contrato lo que hace que la relación sea eficaz. Una combinación de un contrato, el beneficio mutuo de la relación y la confianza que compensa las lagunas en el contrato, da como resultado asociaciones eficaces en la cadena de suministro.

Diseñar mecanismos eficaces para la resolución de conflictos

Los mecanismos eficaces para la resolución de conflictos pueden fortalecer significativamente cualquier relación en la cadena de suministro. Es muy probable que surjan conflictos en cualquier relación. Las resoluciones insatisfactorias empeoran la relación, mientras que las resoluciones satisfactorias la fortalecen. Un buen mecanismo de resolución de conflictos debe dar a las partes la oportunidad de comunicarse y arreglar sus diferencias, lo que redunda en una mayor confianza.

Una especificación formal inicial de las reglas y lineamientos de los procedimientos financieros y las transacciones tecnológicas contribuye a crear confianza entre las partes. La especificación de las reglas y lineamientos facilita compartir información entre los socios de una

cadena de suministro. Compartir la información ayuda con el tiempo a que la relación pase de la confianza basada en la disuasión a la confianza basada en el proceso. Una vez que se crea confianza basada en el proceso entre las partes, es más sencillo resolver los conflictos.

Para facilitar la comunicación, deben celebrarse reuniones frecuentes entre los gerentes y el personal asignados a la asociación. Estas reuniones permiten que se planteen y discutan los problemas antes de que se conviertan en conflictos mayores. También proporcionan una base de resolución a alto nivel, en caso de que las cosas no puedan resolverse en el nivel bajo. Una meta importante de las reuniones y otros mecanismos formales de resolución de conflictos es asegurar que las controversias sobre cuestiones financieras o tecnológicas no se conviertan en riñas personales.

Al diseñar los mecanismos de resolución de conflictos, es importante ser sensible al contexto de la asociación. En Estados Unidos, las partes se sienten cómodas a veces si se remiten al contrato detallado para resolver una disputa. Se puede buscar la ayuda de un tribunal o intermediario para interpretar el contrato. Por tanto, los contratos detallados pueden ser muy eficaces en Estados Unidos. En contraste, en Asia, no es probable que los mecanismos de resolución de conflictos en los que intervienen los tribunales sean eficaces. Las partes se sienten mucho más cómodas negociando directamente la resolución de cada conflicto. En ese contexto, los contratos flexibles que permiten tales negociaciones son eficaces para crear confianza.

ADMINISTRACIÓN DE LAS RELACIONES DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA FOMENTAR LA COOPERACIÓN Y LA CONFIANZA

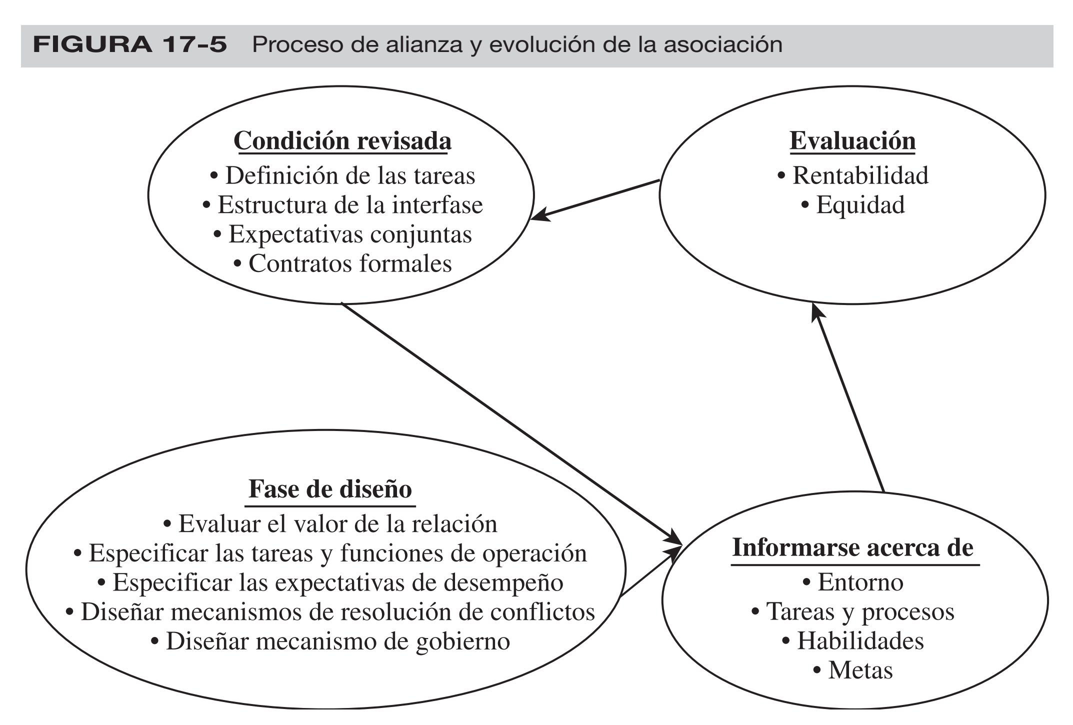
Las relaciones de la cadena de suministro que se administran con eficacia fomentan la cooperación y la confianza, aumentando así la coordinación de la cadena. En contraste, las relaciones mal administradas conducen a que cada parte sea oportunista, lo que produce una pérdida de las utilidades totales de la cadena. La administración de una relación a menudo se ve como una tarea tediosa y rutinaria. La alta dirección, en particular, a menudo participa en el diseño de una nueva asociación, pero rara vez interviene en la administración. Esto ha producido un historial mixto de alianzas y asociaciones en las cadenas de suministro.

La figura 17-5 muestra el proceso básico de evolución de toda alianza o asociación en la cadena. Una vez que se ha diseñado y establecido la asociación, ambas partes se informan del entorno en el que operará la asociación, las tareas y procesos que desempeñará cada socio, las habilidades requeridas y disponibles en cada lado, y las metas emergentes de cada parte. El desempeño de cada parte se evalúa con base en la mejora de la rentabilidad y en la equidad o justicia. En esta etapa, se puede hacer una mejor evaluación del valor de la asociación, que brinda a ambas partes la oportunidad de revisar las condiciones de la asociación para mejorar la rentabilidad y equidad. Es importante que los contratos iniciales se diseñen con flexibilidad suficiente para facilitar estas modificaciones. Lo contratos formales pueden reestructurarse para reflejar los cambios. A medida que el entorno y las metas de la compañía cambian, el ciclo se repite y la relación evoluciona. Toda asociación exitosa pasará por muchos de estos ciclos.

La asociación se debilita si el beneficio percibido de la relación disminuye o si se considera que una de las partes es oportunista. Los problemas aparecen cuando la comunicación entre las dos partes es débil y el beneficio mutuo de la relación no se reitera con regularidad. Al administrar una relación en la cadena de suministro, los gerentes deben centrarse en los siguientes factores para mejorar las oportunidades éxito de la asociación:

1. La presencia de flexibilidad, confianza y compromiso en ambas partes ayuda a que la relación tenga éxito. En particular, el compromiso de la alta dirección por ambos lados es crucial para el éxito.
2. Los buenos acuerdos organizacionales, en especial para compartir la información y resolver los conflictos, mejoran las posibilidades de éxito. No compartir la información y la inca-

FIGURA 17-5 Proceso de alianza y evolución de la asociación



Fuente: Adaptado de *Alliance Advantage,* de Y. L. Doz y G. Hamel (1998).

pacidad de resolver conflictos son los dos principales factores que conducen al fracaso de las asociaciones en la cadena de suministro.

3. Los mecanismos que dan visibilidad a las acciones de cada una de las partes y las consecuencias resultantes contribuyen a evitar conflictos y a resolver controversias. Dichos mecanismos hacen más difícil que alguna de las partes sea oportunista y ayudan a identificar los procesos defectuosos, incrementando el valor de la relación para ambas partes.
4. Si el socio más fuerte trata con justicia al socio más débil y vulnerable, la relación tiende a ser más fuerte.

El tema de la justicia es sumamente importante en el contexto de la cadena de suministro porque en la mayoría de las relaciones intervienen partes con poder desigual. A menudo se presentan situaciones imprevistas que afectan a una parte más que a la otra. La parte más poderosa a menudo tiene mayor control sobre cómo ocurre la resolución. La justicia de la resolución influye en la fortaleza de la relación en el futuro.

La relación entre Marks & Spencer y un fabricante de productos de cocina proporciona un excelente ejemplo de una repartición justa de los beneficios.[6] Pocos meses después de la introducción del producto, el fabricante se dio cuenta de que los costos se habían calculado mal y rebasaban el precio a que se estaba vendiendo el producto a Marks & Spencer. Mientras tanto, en virtud del bajo precio de venta al público, los clientes consideraron que el producto tenía un valor sobresaliente y lo convirtieron en un gran éxito. Cuando el fabricante informó del problema a Marks & Spencer, los gerentes ayudaron al fabricante a rediseñar tanto el producto como el proceso para reducir el costo. Marks & Spencer también redujo su margen para que el fabricante obtuviera utilidades suficientes. El resultado fue que la relación entre los dos socios se fortaleció gracias a que Marks & Spencer actuó con justicia y esto permitió una resolución que

[6] Kumar (1996).

reconocía las necesidades del fabricante. A la larga, ambas partes se beneficiaron y se creó un mayor nivel de confianza.

Los procedimientos y políticas rigen la interacción entre las partes en una relación de la cadena de suministro. En consecuencia, es importante que la parte más débil perciba la justicia de los procedimientos y políticos de la parte más fuerte en sus tratos con sus socios. La parte fuerte tiene el control de las políticas y procedimientos y no debe sesgar las políticas de manera oportunista que no beneficie a toda la cadena. Los procedimientos justos deben fomentar la comunicación bidireccional entre los socios. Los procedimientos deben ser imparciales y brindar a la parte más débil la oportunidad de apelar las decisiones de la parte más fuerte. Por último, la parte más fuerte debe estar dispuesta a explicar todas sus decisiones.

17.6 REABASTECIMIENTO CONTINUO E INVENTARIOS ADMINISTRADOS POR EL PROVEEDOR

El efecto látigo puede amortiguarse con prácticas que asignan responsabilidad por el reabastecimiento de toda la cadena de suministro a una sola entidad. Un solo punto de decisiones de reabastecimiento garantiza la visibilidad y un pronóstico común que sirve de base a los pedidos de toda la cadena. Dos prácticas comunes que asignan un solo punto de responsabilidad son los programas de reabastecimiento continuo y los inventarios administrados por el proveedor.

En los *programas de reabastecimiento continuo* (CRP, del inglés *continuous replenishment programs*), el mayorista o fabricante reabastecen al detallista regularmente con base en datos obtenidos en el punto de venta. El proveedor, distribuidor o un tercero pueden administrar los CRP. En la mayoría de los casos, los sistemas CRP se basan en los retiros efectivos de inventario de los almacenes del detallista, en lugar de los datos del POS al nivel del detallista. Relacionar los sistemas de CRP a los retiros de los almacenes es más fácil de implementar y los detallistas a menudo se sienten más cómodos compartiendo datos en este nivel. Los sistemas de TI que se vinculan en toda la cadena proporcionan una buena infraestructura de información en la que puede basarse un programa de reabastecimiento continuo. En estos programas, el inventario del detallista es propiedad de éste.

Con el inventario administrado por el proveedor (VMI, del inglés *vendor-managed inventory*), el fabricante o proveedor es responsable de todas las decisiones relacionadas con los inventarios del producto en el detallista. Como resultado, el control de la decisión de reabastecimiento se traslada al fabricante, en lugar del detallista. En muchos casos de VMI, el inventario es propiedad del proveedor hasta que el detallista lo vende. VMI requiere que el detallista comparta la información de la demanda con el fabricante para permitirle tomar decisiones sobre el reabastecimiento del inventario. VMI permite al fabricante aumentar sus utilidades, así como las de toda la cadena de suministro, si los márgenes tanto del detallista como del fabricante se toman en consideración para tomar decisiones relativas al inventario. VMI también ayuda al transmitir datos de la demanda de los clientes al fabricante, que entonces puede planear la producción en consecuencia. Esto contribuye a mejorar los pronósticos del fabricante y a ajustar mejor la producción del fabricante a la demanda de los clientes.

VMI se ha implementado con considerable éxito por, entre otros, K-Mart (con aproximadamente 50 proveedores) y Fred Meyer. En K-Mart la rotación de inventarios de artículos estacionales se ha incrementado de 3 a entre 9 y 11 veces, y los de artículos no estacionales de 12-15 a 17-20 veces. En Fred Meyer los inventarios se han reducido entre 30 y 40%, en tanto que las tasas de surtido han aumentado a 98%. Otras empresas con implementaciones exitosas incluyen a Campbell Soup, Frito-Lay y Procter & Gamble.

Una desventaja de VMI se presenta porque los detallistas a menudo venden productos de fabricantes competidores que son sustitutos en la mente de los clientes. Por ejemplo, un cliente puede sustituir detergente fabricado por Procter & Gamble con detergente fabricado por Lever

Brothers. Si el detallista tiene un acuerdo VMI con ambos fabricantes, cada uno de ellos pasará por alto el impacto de la sustitución cuando tome decisiones sobre el inventario. Como resultado, los inventarios en el detallista pueden ser más altos de lo que se considera óptimo. En estas circunstancias, el detallista puede estar en una mejor posición para decidir la política de reabastecimiento. Otra posibilidad es que el detallista defina un líder de categoría entre los proveedores y que este líder tome las decisiones de reabastecimiento por todos los proveedores en la categoría. Wal-Mart sigue esta práctica y asigna un líder de categoría en la mayoría de sus productos. Por ejemplo, HP fue líder de la categoría de impresoras y administraba todo el reabastecimiento de impresoras.

17.7 PLANEACIÓN, PRONÓSTICO Y REABASTECIMIENTO COLABORATIVO (CPFR)

La Voluntary Interindustry Commerce Standards Association (VICS) ha definido a CPFR como "una práctica empresarial que combina la información de múltiples socios en la planeación y surtido de la demanda de los clientes". De acuerdo con VICS, desde 1998, "más de 300 compañías han implementado el proceso". En esta sección describimos el proceso de CPFR y algunas implementaciones exitosas. Es importante entender que el éxito con CPFR sólo puede construirse sobre la base de que las dos partes han sincronizado sus datos y establecido las normas para el intercambio de información. Buena parte del material de esta sección es una adaptación del material contenido en el sitio Web de VICS, www.vics.org/committees/cpfr.

Los vendedores y compradores en una cadena de suministro pueden colaborar en todas y cada una de las siguientes cuatro actividades de la cadena:

1. ***Estrategia y planeación.*** Las partes determinan el alcance de la colaboración y asignan funciones, responsabilidades y puntos de control claros. En un plan de negocios conjunto, identifican los acontecimientos importantes, como las promociones, lanzamientos de nuevos productos, inauguraciones o cierres de tiendas y cambios en la política de inventario que afectan la demanda y la oferta.
2. ***Administración de la oferta y la demanda.*** Un pronóstico colaborativo de las ventas proyecta el mejor estimado de los socios respecto a la demanda de los consumidores en el punto de venta. Éste se convierte entonces en un plan colaborativo de pedidos que determina los pedidos futuros y las necesidades de entrega con base en los pronósticos de las ventas, las posiciones de inventario y los tiempos de espera del reabastecimiento.
3. ***Ejecución.*** En cuanto los pronósticos se vuelven firmes, se convierten en pedidos reales. El surtido de estos pedidos abarca la producción, embarque, recepción y almacenamiento de lo productos.
4. ***Análisis.*** Las tareas esenciales de análisis se centran en identificar las excepciones y evaluar las métricas que se usan para medir el desempeño o identificar las tendencias.

Un aspecto fundamental de la colaboración exitosa es la identificación y resolución de las excepciones. Éstas se refieren a la diferencia entre la realidad y los pronósticos elaborados por las dos partes o alguna otra métrica del desempeño que está cayendo o probablemente caiga fuera de los límites aceptables. Estas métricas pueden incluir inventarios que rebasan los objetivos establecidos o disponibilidad del producto por debajo de las metas. Para que CPFR tenga éxito, es muy importante implementar un proceso que permita que las dos partes resuelvan las excepciones. Los procesos detallados para identificar y resolver las excepciones se presentan en CPFR Voluntary Guidelines V 2.0 de VICS (2002).

Una implementación exitosa de CPFR es la de Henkel, un fabricante alemán de detergentes, y Eroski, un detallista español de productos de consumo. Antes de CPFR, Eroski registraba desabastos frecuentes de productos de Henkel, en especial durante las promociones. Cuando se

TABLA 17-3 Cuatro escenarios comunes de CPFR

Escenario de CPFR	*Dónde aplica en la cadena de suministro*	*Industrias donde aplica*
Colaboración en promociones del detallista	Canales o categorías muy promocionados	Todas las industrias, excepto las que practican EDLP (precios bajos todos los días)
Colaboración en el reabastecimiento de CD	CD del detallista o CD del distribuidor	Farmacias, ferreterías, supermercados
Colaboración en el reabastecimiento de tiendas	Entrega directa en tienda o entrega del CD del detallista a la tienda	Comercializadores masivos, tiendas de clubes
Planeación colaborativa de la variedad	Ropa y bienes de temporada	Tiendas de departamentos, comercios detallistas especializados

implementó CPFR en diciembre de 1999, 70% de los pronósticos de venta tenían en promedio un error de más de 50% y sólo 5% de los pronósticos tenían errores inferiores a 20%. Sin embargo, a los cuatro meses de la implementación de CPFR, 70% de los pronósticos de venta tenían errores por debajo de 20% y sólo 5% tenían errores de más de 50%. CPFR produjo un nivel de servicio al cliente de 98% y un inventario promedio de sólo cinco días. Esto se logró a pesar de que entre 15 y 20 productos se promovían cada mes. Otra implementación exitosa se relaciona con Johnson & Johnson y Superdrug, una cadena de farmacias del Reino Unido. En el periodo de prueba de tres meses que inició en abril de 2000, los niveles de inventario en los centros de distribución de Superdrug se redujeron 13%, mientras que la disponibilidad de los productos en sus centros de distribución aumentó 1.6%. Como anunció Steerman (2003), Sears y Michelin también obtuvieron beneficios importantes de su iniciativa de CPFR en 2001. Los niveles de existencias en Sears mejoraron 4.3%, la tasa de surtido de los centros de distribución a las tiendas mejoró 10.7% y los niveles generales de inventario cayeron 25%.

VICS ha identificado los cuatro escenarios que se presentan en la tabla 17-3 como las áreas más comunes donde han tenido lugar las implementaciones de CPFR a gran escala entre un detallista y un fabricante.

A continuación, describimos cada uno de los cuatro escenarios.

COLABORACIÓN EN PROMOCIONES DEL DETALLISTA

En muchos ambientes de comercio al detalle, como en los supermercados, las promociones y otras ventas especiales tienen impacto considerable en la demanda. El desabasto, el exceso de inventario y los costos imprevistos de logística durante estas promociones afectan el desempeño financiero tanto del detallista como del fabricante. En esta situación, la colaboración entre detallistas y proveedores para planear, pronosticar y reabastecer las promociones es muy eficaz.

La colaboración en promociones detallistas requiere que las dos partes identifiquen las marcas y SKU específicas que se incluirán en la colaboración. Se comparten los detalles de la promoción, como fecha, duración, precios, publicidad y tácticas de exhibición. Es importante que el detallista actualice esta información conforme ocurren cambios. En seguida, se crean y comparten los pronósticos específicos de la promoción. Estos pronósticos se convierten después en pedidos y entregas planeados. A medida que se desarrolla la promoción, se monitorean las ventas para identificar cambios o excepciones, los cuales se resuelven mediante un proceso iterativo entre las dos partes.

P&G ha implementado alguna forma de colaboración en promociones con una variedad de socios, entre otros, Wal-Mart.

COLABORACIÓN EN EL REABASTECIMIENTO DE CD

La colaboración en el reabastecimiento de centros de distribución (CD) es tal vez la forma más común de colaboración que se observa en la práctica y también la más sencilla de implementar.

En este escenario los dos socios comerciales colaboran en el pronóstico de retiros de mercancía de los centros de distribución o la demanda prevista de los CD al fabricante. Estos pronósticos se convierten en un flujo de pedidos del CD al fabricante que se comprometen y garantizan durante un periodo especificado. Esta información permite al fabricante incorporar los pedidos previstos en los planes de producción futura e integrar los pedidos comprometidos a la demanda. El resultado es una reducción del costo de producción para el fabricante y una reducción de inventario y desabasto para el detallista.

La colaboración en el reabastecimiento de CD es relativamente fácil de implementar porque requiere la colaboración en un pronóstico agregado y no necesita que se compartan datos detallados del punto de venta. Como resultado, suele ser el mejor escenario para iniciar la colaboración. Con el tiempo, esta forma de colaboración puede extenderse para incluir todos los puntos de almacenamiento de la cadena de suministro, desde los anaqueles de las tiendas hasta los almacenes de materias primas. Según Hammond (1994), Barilla implementó esta forma de colaboración con sus distribuidores.

COLABORACIÓN EN EL REABASTECIMIENTO DE TIENDAS

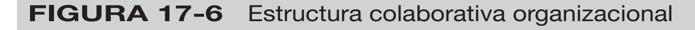
En la colaboración en el reabastecimiento de tiendas, los socios comerciales colaboran en los pronósticos del punto de venta a nivel de la tienda. Estos pronósticos se convierten después en una serie de pedidos al nivel de la tienda y se comprometen los pedidos durante un periodo especificado. Esta forma de colaboración es mucho más difícil de implementar que la colaboración al nivel de CD, en especial si las tiendas son pequeñas. La colaboración en el reabastecimiento de tiendas es más fácil en tiendas grandes, como Costco y Home Depot. Los beneficios al nivel de la tienda incluyen mayor visibilidad de las ventas para el fabricante, mejor precisión del reabastecimiento, mejor disponibilidad del producto y menos inventarios. Esta forma de colaboración es muy benéfica cuando se usa con nuevos productos y promociones. Los fabricantes y sus proveedores pueden usar esta información para mejorar la ejecución de las operaciones.

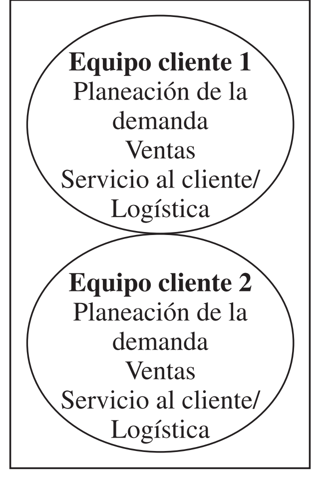
PLANEACIÓN COLABORATIVA EN EL SURTIDO

La ropa de moda y otros artículos de temporada siguen un patrón estacional de demanda. Por tanto, la planeación colaborativa en estas categorías tiene un horizonte que abarca una sola temporada y se realiza a intervalos estacionales. Dado el carácter estacional, los pronósticos dependen menos de los datos históricos y más de la interpretación colaborativa de las tendencias de la industria, los factores macroeconómicos y los gustos de los clientes. En esta forma de colaboración, los socios comerciales crean conjuntamente un plan de surtido. El resultado es una orden de compra planeada al nivel de estilo, color y talla. El pedido planeado se comparte por medios electrónicos antes de una función en la que se exhiben los productos de muestra y se toman las decisiones definitivas de comercialización. Los pedidos planeados ayudan al fabricante a comprar materias primas que tienen tiempos de espera largos y a planear la capacidad. Esta forma de colaboración es muy útil si la capacidad es suficientemente flexible para dar cabida a una variedad de mezclas de productos y las materias primas se usan en común en todos los productos finales.

REQUISITOS ORGANIZACIONALES Y TECNOLÓGICOS PARA EL ÉXITO DE CPFR

La implementación exitosa de CPFR requiere cambios en la estructura organizacional y, para ser escalable, se necesita la implementación de la tecnología apropiada. La colaboración eficaz requiere que los fabricantes integren equipos interdisciplinarios, específicos de cada cliente, que incluyan ventas, planeación de la demanda y logística, por lo menos para los clientes grandes. Este enfoque se ha vuelto factible con la consolidación en el comercio al detalle. Para clientes pequeños, los equipos pueden centrarse en la zona geográfica o canal de ventas. Los detallistas también deben tratar de organizar la planeación de mercancía, compra y reabastecimiento en







Organización del fabricante **Organización del detallista**

Fuente: Adaptado de Voluntary Interindustry Commerce Standards, *CPFR: An Overview*, 2004.

equipos en torno de los proveedores. Esto puede ser difícil, dado el gran número de proveedores que tienen los detallistas consolidados. En seguida, los equipos pueden organizarse por categorías que incluyan múltiples proveedores. Para los detallistas que tienen varios niveles de inventario, como los centros de distribución y tiendas detallistas, es importante combinar los equipos de reabastecimiento en los dos niveles. Sin la administración colaborativa de los inventarios en los dos niveles, es común la duplicación de inventarios. La estructura organizacional propuesta se ilustra en la figura 17-6.

El proceso de CPFR no depende de la tecnología, pero la necesita para ser escalable. Se han desarrollado tecnologías de CPFR para facilitar compartir los pronósticos e información histórica, evaluar las condiciones de excepción y permitir revisiones. Estas soluciones deben integrarse con sistemas empresariales que registren todas las transacciones de la cadena de suministro.

RIESGOS Y OBSTÁCULOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE CPFR

Es importante entender que existen riesgos y obstáculos para la implementación exitosa de CPFR. Dada la gran escala a que se comparte la información, existe el riesgo que se dé mal uso a esta información. A menudo, uno o los dos socios de CPFR tienen relaciones con los competidores del otro socio. Otro riesgo es que uno de los socios cambia su escala o tecnología, el otro se ve obligado a seguir el ejemplo o perderá la relación colaborativa. Por último, la implementación de CPFR y la resolución de excepciones requieren interacciones estrechas entre las dos entidades, cuyas culturas pueden ser muy diferentes. La incapacidad de fomentar una cultura colaborativa en las organizaciones asociadas puede constituir un obstáculo importante para el éxito de CPFR. Uno de los principales obstáculos es que, a menudo, los socios intentan algo como la colaboración al nivel de tienda, que requiere una inversión organizacional más elevada en tecnología. Con frecuencia, es mejor comenzar con algo como la colaboración en promociones o al nivel de centro de distribución, que es más enfocada y sencilla. Sin embargo, uno de los mayores obstáculos para el éxito del proceso de CPFR es que la información de la demanda que comparten los socios a menudo no se usa dentro de la organización de manera integrada. Es importante tener planeación integrada de demanda, aprovisionamiento, logística y corporativa dentro de la organización para maximizar los beneficios de un esfuerzo de CPFR con un socio.

17.8 EL PAPEL DE LA TI EN LA COORDINACIÓN

La habilitación de la coordinación puede considerarse como la meta final de la TI en la cadena de suministro. Una gran parte que se ha analizado en las distintas secciones de TI hasta el momento tiene elementos de coordinación: compartir los pronósticos, dar visibilidad a los niveles de los inventarios, transmitir las horas de llegada; sin embargo, mucho de lo que hemos hablado se refiere a las operaciones internas de la cadena de suministro. En este capítulo nos centraremos verdaderamente en mejorar las operaciones entre empresas. Al más alto nivel, hay dos maneras en que la TI puede ayudar a mejorar esta área.

La primera es la disponibilidad de la información. Un importante beneficio de la coordinación interempresarial se obtiene simplemente de compartir la información entre compañías. La TI permite hacerlo de dos maneras. La primera es el compartir físicamente la información. Desde aplicaciones que permiten ver datos por Internet hasta la integración de los sistemas de las compañías, la TI proporciona la "tubería" para poder compartir la información. También ayuda a clasificar estos datos y a prepararlos para que puedan verse. La cantidad de datos disponibles es abrumadora y, por tanto, hacer visibles estos datos para todo el mundo no es necesariamente útil. La TI estructura los datos y permite a los usuarios encontrar la aguja figurativa en el pajar de datos por medio de la organización y las búsquedas inteligentes.

La segunda forma en que la TI ayuda a mejorar la coordinación es el uso de la información visible para tomar decisiones. La TI permite el uso de la información de la cadena de suministro para tomar muchas decisiones sobre inventarios, producción, transporte, aprovisionamiento y precios.

Es posible que haya más escollos en usar la TI para coordinación que para cualquier otra área. Esto se debe sobre todo a la complejidad y dificultad de la tarea en cuestión. Desde luego, los retos técnicos son considerables. Un ejemplo es la integración de sistemas diferentes para poner la información a disposición de varias empresas. Otro problema es que cada compañía tiene a menudo procesos de operación muy diferentes. Para que la coordinación sea eficaz, estos procesos deben interactuar de manera que tenga sentido. Es difícil superar este problema dentro de una compañía, y más difícil aun cuando se trata de más de una compañía. Sin embargo, el mayor obstáculo para lograr que estos sistemas de TI funcionen es el facto de confianza que hemos tratado a fondo en este capítulo. Las compañías que no tienen cierto grado de confianza en sus interacciones no tienen muchas probabilidades de obtener grandes beneficios de su inversión en software de coordinación, sin importar lo buena que sea la tecnología.

Las principales compañías que proporcionan software en esta área son los proveedores de software de cadena de suministro de las filas de ERP, como SAP y Oracle y las mejores en su tipo, como i2 Technologies y Manugistics. Esta área es, en cierto sentido, la más joven de todas las que hemos analizado. Pocas compañías hacen bien esto, y la mayoría no lo hacen en absoluto, por lo que puede haber posibilidades para que nuevas compañías de software hagan progresos al ofrecer productos en esta área. Sin embargo, es probable que las compañías de ERP ocupen firmemente este espacio a medida que éste madure.

17.9 LOGRO DE LA COORDINACIÓN EN LA PRÁCTICA

1. *Cuantificar el efecto látigo.* A menudo, las compañías no tienen idea de que el efecto látigo desempeña una función decisiva en su cadena de suministro. Los gerentes deben empezar por comparar la variabilidad de los pedidos que reciben de los clientes con la variabilidad de los pedidos que colocan con los proveedores. Esto ayuda a la empresa a cuantificar su propia contribución al efecto látigo. Una vez que su contribución sea visible, le será más fácil aceptar el hecho de que todas las etapas de la cadena de suministro contribuyen al efecto látigo, lo que produce una pérdida significativa de utilidades. En ausencia de esta información concreta, las compañías tratan de reaccionar mejor a la variabilidad en lugar de eliminarla. Esto lleva a las empresas a invertir cantidades considerables en sistemas de administración de inventarios y

programación de producción, sólo para ver poca mejoría en el desempeño o las utilidades. Las pruebas sobre la magnitud del efecto látigo son muy eficaces para lograr que las diferentes etapas de la cadena de suministro se centren en esforzarse por lograr la coordinación y eliminar la variabilidad creada dentro de la cadena de suministro.

2. ***Obtener el compromiso de la alta dirección para la coordinación.*** Más que cualquier otro aspecto de la administración de la cadena de suministro, la coordinación sólo puede lograrse con el compromiso de la alta dirección. La coordinación exige que los gerentes de todas las etapas de la cadena subordinen sus intereses locales al interés mayor de la empresa e incluso de toda la cadena de suministro. La coordinación requiere a menudo la resolución de equilibrios de manera que muchas de las funciones de la cadena tengan que modificar sus prácticas tradicionales. Estos cambios a menudo se contraponen a los métodos que se seguían cuando cada función se centraba únicamente en su objetivo local. Tales cambios dentro de la cadena de suministro no pueden implementarse sin el firme compromiso de la alta dirección. Éste fue uno de los factores claves para que Wal-Mart y P&G pudieran integrar equipos colaborativos de pronóstico y reabastecimiento.

3. ***Dedicar recursos a la coordinación.*** La coordinación no puede lograrse sin que todas las partes interesadas dediquen recursos administrativos considerables a este esfuerzo. A menudo, las compañías no dedican recursos a la coordinación porque suponen que la falta de coordinación es algo que tienen que aceptar o esperan que la coordinación se produzca por sí sola. El problema de esta forma de pensar es que todos los gerentes implicados se quedan sólo con áreas separadas que controlan y nadie es responsable de hacer hincapié en el impacto que las acciones de un gerente tienen en otras partes de la cadena de suministro. Una de las mejores maneras de resolver los problemas de coordinación es con equipos compuestos por personal de las diferentes compañías que participan en la cadena de suministro. Estos equipos deben responsabilizarse de la coordinación y tener facultades para implementar los cambios requeridos. Es inútil integrar un equipo de coordinación a menos que éste tenga facultades para actuar, porque el equipo entrará en conflicto con los gerentes funcionales que actualmente maximizan los objetivos locales. Los equipos de coordinación sólo pueden ser eficaces cuando se ha alcanzado un nivel suficiente de confianza entre los miembros de diferentes empresas. Si se usan correctamente, los equipos de coordinación pueden proporcionar beneficios considerables, como ha ocurrido con los equipos colaborativos de pronóstico y reabastecimiento integrados por Wal-Mart y P&G.

4. ***Centrarse en la comunicación con las otras etapas.*** La buena comunicación con las otras etapas de una cadena de suministro a menudo crea situaciones que destacan el valor de la coordinación para ambas partes. Las compañías no se comunican a menudo con las otras etapas de la cadena de suministro y muestran poca disposición a compartir la información. Sin embargo, todas las compañías que forman la cadena de suministro se frustran con la falta de coordinación y estarían muy dispuestas a compartir información si esto contribuyera a que la cadena de suministro operara de manera más eficaz. La comunicación regular entre las partes interesadas facilita el cambio en una situación así. Por ejemplo, una importante compañía de computadoras personales había estado ordenando sus microprocesadores en lotes de varias semanas de producción. Estaba tratando de implantar un sistema de fabricación por pedido en el que colocaría los pedidos de microprocesadores diariamente. La compañía de PC supuso que el proveedor de microprocesadores se mostraría renuente a aceptar ese nuevo sistema. Sin embargo, una vez que se abrió la comunicación con el proveedor, resultó exactamente lo contrario. El proveedor también quería reducir el tamaño de los lotes e incrementar la frecuencia de los pedidos. Simplemente había supuesto que el fabricante de PC quería lotes grandes y por eso nunca solicitó un cambio. La comunicación regular ayuda a las diferentes etapas de la cadena de suministro a compartir sus metas e identificar objetivos comunes y acciones mutuamente benéficas que mejoran la coordinación.

5. ***Tratar de lograr la coordinación en toda la red de la cadena de suministro.*** El beneficio máximo de la coordinación se logra sólo cuando toda la red de la cadena de suministro está

coordinada. No basta que dos etapas de la cadena de suministro se coordinen. La parte más poderosa de una cadena de suministro debe realizar un esfuerzo por lograr la coordinación en toda la red. Toyota ha sido muy eficaz en lograr que se compartan los conocimientos y se fomente la coordinación en toda su red.

6. *Usar la tecnología para mejorar la conectividad en la cadena de suministro.* Internet y una variedad de sistemas de software se pueden usar para aumentar la visibilidad de la información en la cadena de suministro. Hasta ahora, la mayoría de las implementaciones de TI han logrado dar visibilidad a la información sólo dentro de una empresa. La visibilidad en toda la cadena de suministro todavía requiere esfuerzo adicional en la mayoría de los casos. Con base en el análisis presentado en este capítulo, debe haber quedado claro que los principales beneficios de la TI sólo pueden alcanzarse si los sistemas contribuyen a incrementar la visibilidad en toda la cadena y facilitan la coordinación. Si las empresas desean aprovechar al máximo las enormes inversiones que hacen en sistemas de TI, en especial en sistemas de ERP, es crucial que realicen ese esfuerzo adicional que se requiere para usar estos sistemas para facilitar los pronósticos y planeación colaborativos en toda la cadena de suministro. Debe usarse Internet para compartir la información e incrementar la conectividad en la cadena. El crecimiento de los intercambios por Internet puede ser muy eficaz en este respecto.

7. *Compartir equitativamente los beneficios de la coordinación.* El mayor obstáculo para la coordinación en la cadena de suministro es la sensación por parte de cualquiera de las etapas de que los beneficios de la coordinación no se comparten equitativamente. Los gerentes de la parte más fuerte en la relación deben ser sensibles a este hecho y asegurar que todas las partes perciban que la forma en que se comparten los beneficios es justa.

17.10 RESUMEN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

1. Describir la coordinación en una cadena de suministro, el efecto látigo y su impacto en el desempeño.
   La coordinación de una cadena de suministro requiere que todas las etapas emprendan acciones que maximicen las utilidades totales de la cadena. La falta de coordinación es resultado de que las diferentes etapas se concentren en optimizar sus objetivos locales o de que la información se distorsione a medida que avanza por la cadena de suministro. El fenómeno de que la fluctuación de los pedidos aumenta yendo corriente arriba en la cadena de suministro, de los detallistas a los mayoristas a los fabricantes a los proveedores, se llama "efecto látigo". Este efecto provoca un aumento en todos los costos de la cadena de suministro y una reducción en los niveles de atención al cliente. El efecto látigo aleja a todas las partes de la cadena de la frontera eficiente y provoca una disminución tanto en la satisfacción del cliente como en la rentabilidad dentro de la cadena de suministro.
2. Identificar las causas del efecto látigo y los obstáculos para la coordinación en una cadena de suministro.
   Uno de los principales obstáculos para la coordinación en la cadena de suministro es la falta de alineación de los objetivos, que provoca que las diferentes etapas optimicen los objetivos locales en lugar de las utilidades totales de la cadena de suministro. Otros obstáculos son: no se comparte la información, ineficiencias de operación que producen tiempos de espera muy largos y lotes grandes, incentivos de los vendedores que fomentan las compras adelantadas, esquemas de racionamiento que propician que se inflen los pedidos, promociones que estimulan las compras adelantadas y falta de confianza que hace que cualquier esfuerzo para lograr la coordinación sea muy difícil.
3. Analizar las palancas administrativas que ayudan a lograr la coordinación en una cadena de suministro.
   Para contribuir a lograr la coordinación en la cadena de suministro, los gerentes pueden alinear las metas e incentivos de las diferentes funciones y etapas de la cadena de suministro. Otras acciones que los gerentes pueden emprender para lograr la coordinación son: compartir la información de ventas, fomentar la planeación y pronósticos colaborativos, implementar un solo punto de control de reabastecimiento, mejorar las operaciones para reducir los tiempos de espera y el tamaño de los lotes, implementar precios bajos todos los días y otras estrategias que limitan las compras adelantadas y crear confianza y asociaciones estratégicas dentro de la cadena de suministro.

4. Describir las acciones que facilitan el establecimiento de asociaciones estratégicas y confianza dentro de una cadena de suministro.

   Para ayudar a crear confianza y asociaciones estratégicas, el gerente puede diseñar una relación en la que el beneficio para ambas partes sea evidente, que ambas partes sean mutuamente interdependientes, se permita que los contratos evolucionen con el tiempo y los conflictos se resuelvan de manera eficaz. Al administrar la relación, la flexibilidad, el compartir la información, la visibilidad del esfuerzo y el desempeño de cada parte, así como la actitud justa de la parte más fuerte al distribuir los costos y los beneficios, contribuyen a fomentar la confianza y facilitan la coordinación en la cadena de suministro.
5. Entender las diferentes formas posibles de planeación, pronóstico y reabastecimiento colaborativo.

   Los socios pueden establecer relaciones de CPFR para colaborar en promociones en las tiendas, reabastecimiento de los centros de distribución, reabastecimiento de las tiendas o planeación de la variedad del surtido. La colaboración en el reabastecimiento de los centros de distribución es a menudo la más fácil de implementar porque requiere datos a nivel agregado. La colaboración en el reabastecimiento de las tiendas requiere un nivel más alto de inversión en tecnología y para compartir datos a fin de que resulte exitosa.

Preguntas de discusión

1. ¿Qué es el efecto látigo y cómo se relaciona con la falta de coordinación en una cadena de suministro?
2. ¿Qué impacto produce la falta de coordinación en el desempeño de una cadena de suministro?
3. ¿De qué manera los incentivos inadecuados provocan falta de coordinación de una cadena de suministro? ¿Qué contramedidas pueden adoptarse para compensar este efecto?
4. ¿Qué problemas se presentan si cada etapa de la cadena de suministro considera que su demanda está constituida por los pedidos colocados por la etapa corriente abajo? ¿Cómo deben comunicarse las empresas dentro de una cadena de suministro para facilitar la coordinación?
5. ¿Qué factores conducen a la división en lotes de los pedidos dentro de una cadena de suministro? ¿Cómo afecta esto la coordinación? ¿Qué acciones pueden minimizar los lotes grandes y mejorar la coordinación?
6. ¿Cómo afectan la coordinación las promociones comerciales y las fluctuaciones de los precios en una cadena de suministro? ¿Qué políticas de precios y promociones facilitan la coordinación?
7. ¿Por qué es valiosa la formación de asociaciones estratégicas y la creación de confianza en una cadena de suministro?
8. ¿Qué aspectos deben tomarse en consideración al diseñar una relación en la cadena de suministro para mejorar las oportunidades de crear confianza y cooperación?
9. ¿Qué aspectos deben tomarse en consideración al administrar una relación en la cadena de suministro para mejorar las oportunidades de crear confianza y cooperación?
10. ¿Cuáles son los diferentes escenarios de CPFR y cómo benefician a los socios de la cadena de suministro?

Bibliografía

Bowersox, Donald J., David J. Closs y Theodore P. Stank, "21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality", *Supply Chain Management Review,* otoño de 1999, pp. 44-49.

Brunell, Tom, "Managing a Multicompany Supply Chain", *Supply Chain Management Review,* primavera de 1999, pp. 45-52.

Child, John y David Faulkner, *Strategies of Cooperation,* Oxford, Inglaterra, Oxford University Press, 1998.

Crum, Colleen y George E. Palmatier, "Demand Collaboration: What's Holding Us Back?", *Supply Chain Management Review,* enero-febrero de 2004, pp. 54-61.

Doz, Yves L., "The Evolution of Cooperation in Strategic Alliances: Initial Conditions or Learning Process?", *Strategic Management Journal* 17, 1997, pp. 55-83.

Doz, Yves L. y Gary Hamel, *Alliance Advantage,* Boston, Harvard Business School Press, 1998.

Dyer, Jeffrey H. y Kentaro Nobeoka, "Creating and Managing a High-Performance Knowledge-Sharing Network: The Toyota Case", *Strategic Management Journal* 21, marzo de 2000, pp. 345-367.

Gulati, Ranjay y Harbir Singh, "The Architecture of Cooperation: Managing Coordination Costs and Appropriation Concerns in Strategic Alliances", *Administrative Science Quarterly* 43, 1998, pp. 781-814.

Hammond, Janice H., 1994, *Barilla Spa (A-D),* Harvard Business School, Caso 9-694-046.

Continuous Replenishment: An ECR Best Practices Report, Washington, D.C., Grocery Manufacturer's Association, 1994.

Computer Assisted Ordering: Practices and Benefits Report, Washington, D.C., Grocery Manufacturer's Association, 1994.

Kumar, Nirmalya, "The Power of Trust in Manufacturer-Retailer Relationships", *Harvard Business Review,* noviembre-diciembre de 1996, 92-106.

Lee, Hau L., V. Padmanabhan y Seungjin Whang, "The Bullwhip Effect in Supply Chains", *Sloan Management Review,* primavera de 1997, pp. 93-102.

Mariotti, John L., "The Trust Factor in Supply Chain Management", *Supply Chain Management Review,* primavera de 1999, pp. 70-77.

Ring, P. S. y A. H. Van de Ven, "Developmental Processes of Cooperative Interorganizational Relationships", *Academy of Management Review* 19, 1994, pp. 90-118.

Sabath, Robert E. y John Fontanella, "The Unfulfilled Promise of Supply Chain Collaboration", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2002, pp. 24-29.

Senge, Peter M., *The Fifth Discipline,* Nueva York, Currency and Doubleday, 1990.

Smeltzer, Larry R., "Integration Means Everybody—Big and Small", *Supply Chain Management Review,* septiembre-octubre de 2001, pp. 36-44.

Steerman, Hank, "A Practical Look at CPFR: The Sears-Michelin Experience", *Supply Chain Management Review,* julio-agosto de 2003, pp. 46-53.

Voluntary Interindustry Commerce Standards, *CPFR: An Overview,* 2004.

Voluntary Interindustry Commerce Standards, *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment,* Versión 2.0, 2002.

ÍNDICE DE NOMBRES

ÍNDICE DE TEMAS

C

R

S